

RANCANG BANGUN TURBIN CROSSLFLOW UNTUK PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKO HIDRO

Bungah Budi Fatmawati ¹⁾ , Tris Sugiarto ²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semingkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
bungabudifatmawati@gmail.com

²⁾ Jurusan Teknik Mesin,
STT Wiworotomo Purwokerto
Jalan Semingkir No.1, Kabupaten
Banyumas, Jawa Tengah, INDONESIA –
53134
trimesinstw@gmail.com

Abstract

The increasing demand for electricity in Indonesia drives the need to utilize alternative, more environmentally friendly energy sources. One promising option is the development of pico hydro power plants (PLTPH) that harness the potential of small rivers and irrigation channels, particularly in rural areas. However, achieving an efficient PLTPH system requires a well-designed water turbine, especially for low head and small flow rates. This study aims to design and develop a small-scale crossflow turbine with an optimal configuration to improve the conversion efficiency of water energy into electrical energy. The design process was carried out systematically, starting from technical specification planning, function block diagrams, morphological matrices, to selecting the best concept based on decision matrix analysis. The results show that a crossflow turbine with 14 blades at a 27.5° angle, combined with a stepped pulley transmission system and AC generator, can produce more than 260 watts of power with efficiencies exceeding 50%. This indicates that the developed crossflow turbine design is feasible for application in PLTPH systems and offers a practical solution to electricity needs in areas with small water flow potentials.

Keywords: electrical energy, pico hydro power plant (PLTPH), crossflow turbine, efficiency.

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan kemajuan teknologi, sementara sebagian besar pembangkit masih bergantung pada bahan bakar fosil yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Kondisi ini mendorong perlunya pemanfaatan energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan [1]. Sebagai negara dengan potensi sumber daya air melimpah, terutama di daerah pedesaan seperti Kabupaten Banyumas, pemanfaatan aliran sungai dan saluran irigasi sangat potensial untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) [2]. Jenis turbin yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kinerja PLTPH, dan turbin crossflow menjadi pilihan ideal karena desainnya sederhana, biaya pembuatan murah, serta efisien pada debit kecil dan head rendah.

Penelitian ini dilakukan dengan alasan bahwa turbin crossflow memiliki efisiensi tinggi, konstruksi sederhana, mudah dibuat, dan cocok diterapkan di wilayah dengan aliran air kecil. Tujuannya adalah untuk merancang dan menguji turbin crossflow yang efisien sebagai penggerak utama PLTPH skala kecil, serta mengetahui daya keluaran dan efisiensinya dalam mengubah energi air menjadi energi listrik. Melalui perancangan yang optimal, turbin diharapkan dapat menghasilkan energi listrik yang stabil, tahan lama, dan berkelanjutan, sehingga menjadi solusi tepat untuk penyediaan listrik di daerah terpencil.

Penelitian ini mengacu pada hasil riset sebelumnya, seperti studi Amar Juni Yanda (2021) yang menghasilkan daya 848,08 watt dengan efisiensi 80% pada turbin crossflow berdiameter 12,15 cm, dan penelitian Malikas Sholeh Alamsyah (2024) yang menunjukkan variasi sudut sudut 105° menghasilkan efisiensi 12,21%.

Perbedaan penelitian ini terletak pada fokus perancangan dan pembangunan langsung turbin crossflow dengan konfigurasi optimal yang disesuaikan terhadap kondisi lokal, bukan hanya analisis parameter tertentu. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan PLTPH sebagai solusi energi terbarukan di pedesaan.

2. METODE DAN BAHAN

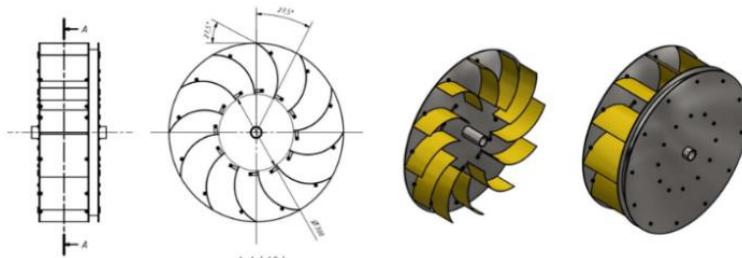
2.1 Metode Perancangan

Metode perancangan dilakukan secara sistematis dari awal hingga akhir untuk mencapai tujuan secara efektif dan efisien. Proses ini mencakup pengumpulan data, analisis, pengembangan konsep, hingga pembuatan gambar rancangan. Pendekatan deskriptif dan kuantitatif digunakan melalui penyajian data berupa angka, tabel, grafik, dan diagram, sehingga memberikan gambaran faktual yang memudahkan pengembangan ide dari tahap sederhana hingga kompleks. Hasil dari data yang telah diperoleh akan diolah kemudian di analisis. Turbin air crossflow, yang dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut :

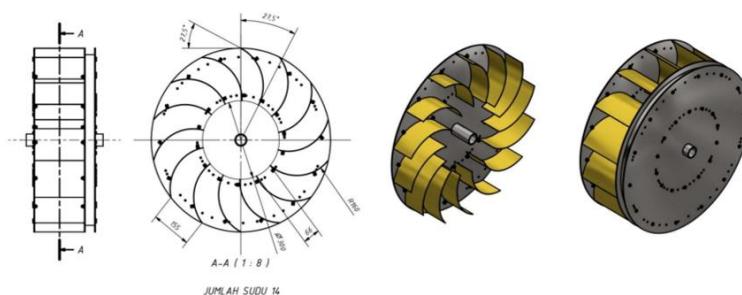
Tabel 1. Spesifikasi Turbin

Parameter	Dimensi Ukuran
Diameter Luar Turbin	700 mm
Diameter Dalam Turbin	300 mm
Lebar Turbin	200 mm
Jumlah Sudu	12, 14, 16, dan 18
Sudut Sudu	27,5°
Jumlah Turbin	1
Diameter Poros Turbin	38 mm
Tebal Sudu	1 mm

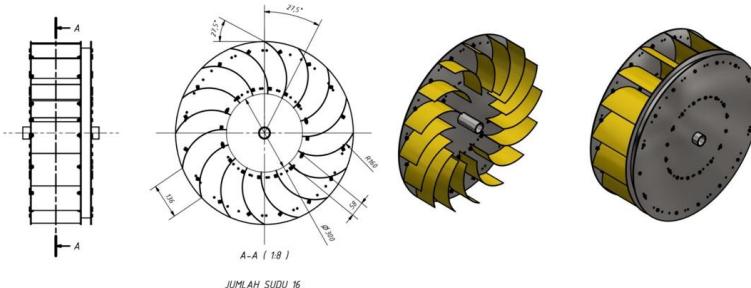
Dibuat untuk pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin air jenis crossflow dengan variasi jumlah sudu 12, 14, 16 dan 18 dengan sudut sudu 27,5°



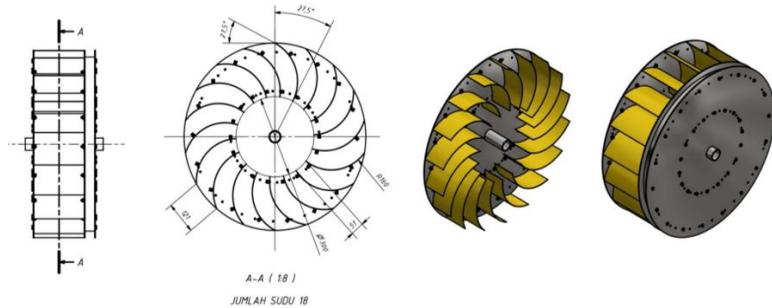
Gambar 1. Variasi Jumlah Sudu 12 pada Turbin Crossflow



Gambar 2. Variasi Jumlah Sudu 14 pada Turbin Crossflow

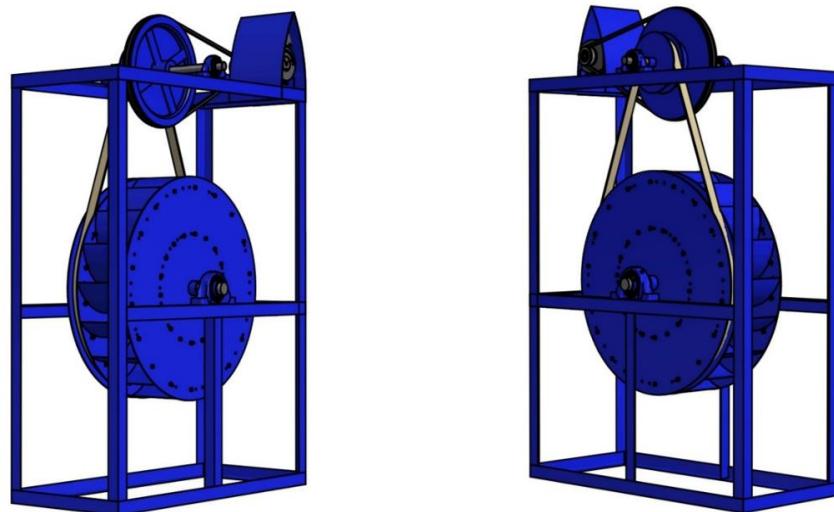


Gambar 3. Variasi Jumlah Sudu 16 pada Turbin Crossflow



Gambar 4. Variasi Jumlah Sudu 18 pada Turbin Crossflow

Gambar di atas menunjukkan variasi jumlah sudu sebelum dipasang pada rumah turbin. Berikut gambar turbin crossflow



Gambar 5. Turbin Crossflow

2.2 Prosedur Perencanaan

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memahami teori dasar, metode yang ada, dan menemukan peluang pengembangan dalam penelitian. Bacaan meliputi jurnal, buku, skripsi, dan sumber lainnya yang membahas turbin air, khususnya proses perancangan turbin.

2. Survey lapangan

Melakukan survei lokasi untuk perencanaan turbin guna mengumpulkan data seperti debit air, tinggi jatuh aliran sungai, dan kecepatan aliran, yang akan digunakan dalam menentukan parameter desain turbin.

3. Perancangan Turbin

Perancangan turbin didasarkan pada jurnal sebelumnya berupa studi potensi dengan debit dan head yang telah diketahui. Perancangan berupa gambar 2D maupun 3D, rangka, dimensi turbin, material turbin dll.

4. Pembuatan dan uji coba

Membuat turbin crossflow sesuai dengan desain yang telah dibuat. Lalu lakukan uji coba turbin

5. Penulisan laporan

Proses akhir dari perancangan ini yang mencakup latar belakang penelitian, metode yang digunakan, hasil perancangan, serta kesimpulan

2.3 Flowchart Perancangan



Gambar 6. Flowchart Perancangan

3. HASIL DAN DISKUSI

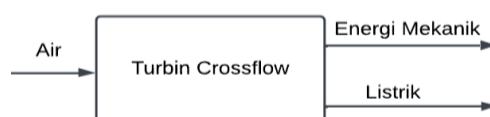
3.1 Langkah-Langkah Perancangan

1. Menyusun Spesifikasi Teknis

Spesifikasi teknis turbin dirancang dengan daya maksimal 500 Watt, material mudah diperoleh, dimensi proporsional, runner portable yang mudah dilepas-pasang dengan variasi sudut dan jumlah sudu, serta biaya pembuatan yang terjangkau.

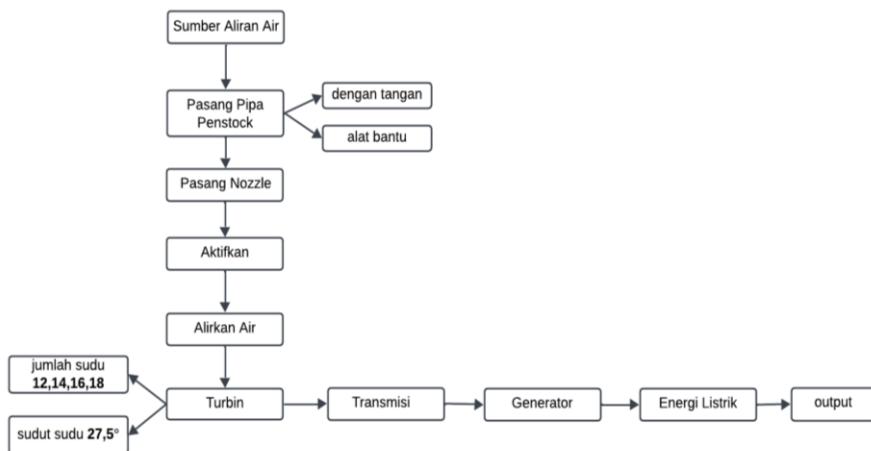
2. Membuat Diagram Blok Fungsi

Diagram blok fungsi menggambarkan prinsip kerja turbin, yaitu aliran air diarahkan ke bilah turbin hingga mengenainya dua kali untuk menghasilkan energi mekanik, yang kemudian diteruskan ke generator dan dikonversi menjadi energi listrik melalui induksi elektromagnetik.



Gambar 7. Diagram Blok Fungsi

3. Membuat Diagram Blok Perancangan Alat

**Gambar 8.** Diagram Blok Perancangan Alat

4. Membuat Matriks Morfologi

Tabel 2. Matriks Morfologi**Menyiapkan alat dan bahan 1**

Sumber air 1.1	Pembuatan penampungan air menggunakan papan 1.1.1	Head (A1) Pakai Pompa (A2)
Pasang pipa penstock 1.2	Pasang pipa dari bak penampung ke inlet runner 1.2.1	Dengan tangan (B1) Alat bantu (B2)
Pasang nozzle 1.3	Pasang nozzle ke ujung pipa 1.3.1	Dengan tangan (C1) Alat bantu (C2)
Aktifkan air 1.4	Beri energi potensial air 1.4.1	Kran (D1) Manual (D2)

Setting turbin 2

Pasang sudu turbin dengan sudut 27,5° 2.1	Menggunakan kunci T10 dan pas ring 10 2.1.1	Jumlah sudu 12 (E1) Jumlah sudu 14 (E2) Jumlah sudu 16 (E3) Jumlah sudu 18 (E4)
Pasang runner ke rangka 2.2	Menggunakan kunci T14 dan pas ring 12 2.2.1	Dengan tangan (F1) Alat bantu (F2)

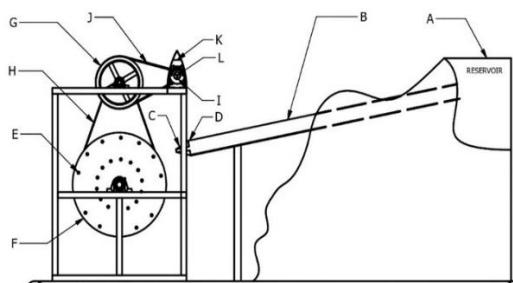
Transmisi 3

Pasang pulley transmisi 3.1	Pulley bertingkat 3.1.1	Diameter 15cm, diameter 35cm (G1) Diameter 16cm, diameter 40cm (G2)
Pasang V belt turbin 3.2	V belt (Sabuk karet) 3.2.1	Dengan tangan (H1) Alat bantu (H2)

Pasang pulley generator 3.3	Aluminium 3.3.1	Dengan tangan (I1)
		Alat bantu (I2)
Pasang V belt generator 3.4	V belt transmisi ke pulley generator (sabuk karet) 3.4.1	Dengan tangan (J1)
		Alat bantu (J2)
Mengubah energi 4		
Generator 4.1		Generator AC (K1)
		Generator DC (K2)
Output energi 4.2	Listrik 4.2.1	Lampu (L1)

Berdasarkan matriks morfologi diatas dapat dibuat menjadi beberapa konsep produk yang dapat dikembangkan dan bisa menjadi bahan pertimbangan dalam tahap perancangan berikutnya.

5. Membuat Sketsa Produk
Masing-masing konsep divisualisasikan dalam bentuk sketsa. Perbedaan konsep terletak pada jumlah sudu, jenis generator (AC/DC), ukuran pulley, serta sumber aliran (pompa atau head alami).
6. Menyusun Kriteria Penilaian Konsep
Penilaian dilakukan berdasarkan aspek kekuatan, efisiensi, biaya, kesederhanaan konstruksi, perawatan, kemudahan pemasangan, hingga potensi produksi massal.
7. Analisa Matriks Keputusan
Dari hasil penilaian, konsep ke-5 terpilih karena paling memenuhi kriteria, yaitu memanfaatkan head alami, pengaktifan manual, jumlah sudu 14 dengan sudut sudu $27,5^\circ$, sistem pulley bertingkat (15 cm dan 35 cm), serta generator AC.
8. Desain Konsep Terpilih



Gambar 9. Desain Konsep Terpilih

Keterangan bagian-bagian gambar:

- A. Head air
- B. Pipa penstock
- C. Nozzle
- D. Pengaktifan air secara manual
- E. Jumlah sudu 14
- F. Runner turbin
- G. Pulley bertingkat diameter 15cm, 35cm
- H. Sabuk karet
- I. Pulley generator aluminium
- J. Vbelt sabuk karet
- K. Generator AC
- L. Output listrik

3.2 Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan rangkaian proses perencanaan turbin yang telah dilakukan, berikut

merupakan turbin crossflow yang telah berhasil dibuat.



Gambar 10. Turbin Crossflow

Setelah turbin selesai dibuat, tahap berikutnya adalah uji coba. Pada tahap ini dilakukan pengujian turbin dengan sudut sudu $27,5^\circ$ dan variasi jumlah sudu 12, 14, 16, dan 18. Berdasarkan hasil pengujian, performa terbaik diperoleh pada turbin dengan sudut sudu $27,5^\circ$ dan jumlah sudu 14, yang menghasilkan efisiensi paling optimal yaitu:

Tabel 3. Hasil Pengukuran Jumlah Sudu 14

Jumlah Sudu	Beban (Watt)	Putaran (Rpm)	Tegangan (Volt)	Kuat Arus (Ampere)
14	0	104,73	218,83	0,85
	100	92,43	189,5	0,599
	200	90,0	119,6	0,415
	300	88,9	90,5	0,254
	305	82,1	83	0,244

Berdasarkan rangkaian proses dari perencanaan hingga pembuatan turbin, diperoleh hasil bahwa efisiensi terbaik dicapai pada turbin dengan jumlah sudu 14 dan sudut sudu $27,5^\circ$, yaitu:

1. Putaran Generator

Hasil Pengujian I di Jumlah Sudu 14

1) Nol Beban

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{66}{15} = \frac{n_2}{104,73}$$

$$n_2 = \frac{66 \times 104,73}{15} = 460,81 \text{ rpm}$$

Sehingga,

$$\frac{D_3}{D_4} = \frac{n_4}{n_3} \quad \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 460,81 \text{ rpm}$$

$$\frac{35}{8} = \frac{n_4}{460,81}$$

$$n_4 = \frac{35 \times 460,81}{8} = 2.016,04 \text{ rpm}$$

2) Beban 100 watt

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{66}{15} = \frac{n_2}{92,43}$$

$$n_2 = \frac{66 \times 92,43}{15} = 406,69 \text{ rpm}$$

Sehingga,

$$\frac{D_3}{D_4} = \frac{n_4}{n_3} \quad \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 460,81 \text{ rpm}$$

$$\frac{35}{8} = \frac{n_4}{406,69}$$

$$n_4 = \frac{35 \times 406,69}{8} = 1.779,26 \text{ rpm}$$

3) Beban 200 watt

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{66}{15} = \frac{n_2}{90,0}$$

$$n_2 = \frac{66 \times 90,0}{15} = 392,34 \text{ rpm}$$

Sehingga,

$$\frac{D_3}{D_4} = \frac{n_4}{n_3} \quad \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 392,34 \text{ rpm}$$

$$\frac{35}{8} = \frac{n_4}{392,34}$$

$$n_4 = \frac{35 \times 392,34}{8} = 1.716,48 \text{ rpm}$$

- 4) Beban 300 watt

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{66}{15} = \frac{n_2}{88,9}$$

$$n_2 = \frac{66 \times 88,9}{15} = 391,16 \text{ rpm}$$

Sehingga,

$$\frac{D_3}{D_4} = \frac{n_4}{n_3} \quad \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 391,16 \text{ rpm}$$

$$\frac{35}{8} = \frac{n_4}{391,16}$$

$$n_4 = \frac{35 \times 391,16}{8} = 1.711,32 \text{ rpm}$$

- 5) Beban 305 watt

$$\frac{D_1}{D_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{66}{15} = \frac{n_2}{82,1}$$

$$n_2 = \frac{66 \times 82,1}{15} = 361,24 \text{ rpm}$$

Sehingga,

$$\frac{D_3}{D_4} = \frac{n_4}{n_3} \quad \text{Dimana } n_3 = n_2 \text{ yaitu } 361,24 \text{ rpm}$$

$$\frac{35}{8} = \frac{n_4}{361,24}$$

$$n_4 = \frac{35 \times 361,24}{8} = 1.580,42 \text{ rpm}$$

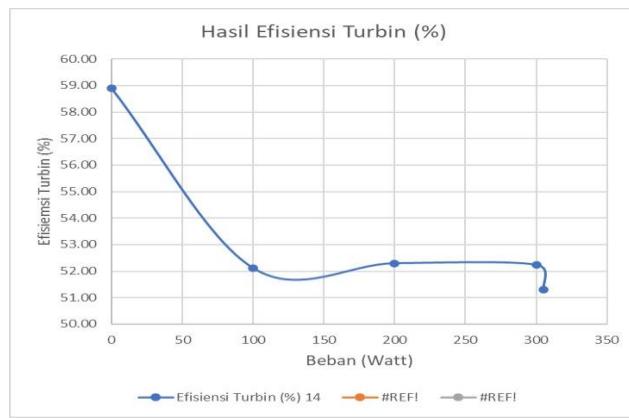
2. Daya Turbin



Gambar 11. Grafik Daya Turbin

Berdasarkan grafik hasil uji daya turbin dengan jumlah sudu 14 dan sudut sudu $27,5^\circ$, terlihat bahwa pada kondisi tanpa beban turbin mampu menghasilkan daya tertinggi sekitar 303 Watt. Namun, seiring dengan penambahan beban, daya turbin mengalami penurunan cukup signifikan hingga mencapai titik terendah sekitar 265 Watt pada beban 100–150 Watt. Setelah itu, daya cenderung stabil dan sedikit meningkat pada beban 200 Watt dengan nilai sekitar 267 Watt. Pada beban yang lebih tinggi hingga 300 Watt, daya turbin relatif konstan dengan kisaran 265–267 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa turbin masih mampu mempertahankan kinerja yang cukup stabil pada variasi beban menengah hingga tinggi, meskipun efisiensi terbaiknya ditunjukkan pada kondisi awal dengan beban rendah.

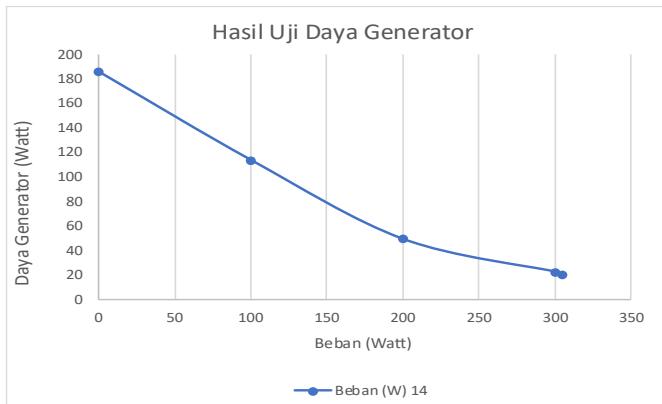
3. Efisiensi Turbin



Gambar 12. Grafik Efisiensi Turbin

Berdasarkan grafik hasil efisiensi turbin dengan jumlah sudu 14 dan sudut sudu $27,5^\circ$, terlihat bahwa efisiensi tertinggi dicapai pada kondisi tanpa beban, yaitu sekitar 59%. Seiring bertambahnya beban hingga 100 Watt, efisiensi menurun cukup signifikan hingga sekitar 52%. Setelah itu, pada beban 150–200 Watt, efisiensi mulai stabil dengan kisaran 52–53% dan cenderung konstan hingga beban 300 Watt. Pola ini menunjukkan bahwa turbin memiliki efisiensi optimal pada beban rendah, sementara pada beban menengah hingga tinggi efisiensinya cenderung stabil meskipun berada pada nilai lebih rendah. Dengan demikian, turbin crossflow ini bekerja paling efisien ketika beban yang diberikan relatif kecil, tetapi tetap mampu mempertahankan kestabilan efisiensi pada beban yang lebih besar.

4. Daya Generator



Gambar 13. Grafik Daya Generator

Berdasarkan grafik hasil uji daya generator dengan jumlah sudu 14, terlihat bahwa daya keluaran generator tertinggi terjadi pada kondisi beban rendah, yaitu sekitar 180 Watt. Seiring dengan bertambahnya beban hingga 300 Watt, daya yang dihasilkan generator mengalami penurunan signifikan hingga sekitar 20 Watt. Tren ini menunjukkan bahwa generator bekerja lebih optimal pada beban kecil, namun kinerjanya menurun seiring bertambahnya beban yang diterima. Hal ini mengindikasikan adanya keterbatasan sistem transmisi dan generator dalam menyalurkan energi dari turbin ke beban secara maksimal pada kondisi beban tinggi, sehingga efisiensi sistem perlu ditingkatkan agar daya keluaran lebih stabil.

Tabel 4. Hasil pengujian putaran generator, daya generator, daya turbin dan efisiensi turbin

Sudut sudu turbin	Beban	Putaran (Rpm)		Daya gen. (Watt)	Daya turbin (Watt)	Efisiensi turbin (%)
		Bawah	Atas			
14	0 beban	104,73	2.016,04	186,01	302,11	58,91
	100 watt	92,43	1.779,26	114	266,88	52,04
	200 watt	90	1.716,48	49,63	266,87	52,04

300 watt	88,9	1.711,32	22,99	266,72	52,01
305 watt	82,1	1.580,42	20,25	263,83	51,44

Berdasarkan tabel hasil pengujian turbin crossflow dengan jumlah sudu 14 dan sudut $27,5^\circ$, dapat dilihat bahwa pada kondisi tanpa beban turbin menghasilkan daya maksimum sebesar 302,11 Watt dengan efisiensi 58,91% serta daya generator mencapai 186,01 Watt. Namun, ketika beban ditingkatkan hingga 100–305 Watt, daya turbin relatif stabil pada kisaran 263–266 Watt, sedangkan daya generator menurun signifikan dari 114 Watt pada beban 100 Watt hingga hanya 20,25 Watt pada beban 305 Watt. Efisiensi turbin juga menurun, dari 52,04% pada beban 100–300 Watt menjadi 51,44% pada beban 305 Watt. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja turbin cukup stabil meskipun beban meningkat, tetapi generator dan sistem transmisi mengalami penurunan kemampuan menyalurkan daya, sehingga memengaruhi efisiensi keseluruhan sistem.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan proses rancang bangun turbin crossflow untuk pembangkit listrik tenaga piko hidro, dapat disimpulkan bahwa:

1. Rancang bangun turbin crossflow untuk PLTPH berhasil dilakukan melalui tahapan sistematis mulai dari penentuan spesifikasi teknis, penyusunan diagram blok fungsi, perencanaan alat, hingga pembuatan matriks morfologi dan pemilihan konsep. Dari analisis matriks keputusan, konsep ke-5 terpilih karena paling memenuhi kriteria kekuatan, efisiensi, kemudahan perawatan, konstruksi sederhana, serta biaya rendah.
2. Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh data bahwa pada daya turbin sebesar 302,11 watt, efisiensi yang dihasilkan adalah 58,91%. Selanjutnya, pada daya 266,88 watt, efisiensinya sebesar 52,04%, lalu pada daya 266,87 watt, efisiensinya juga sebesar 52,04%. Pada daya 266,72 watt, efisiensi yang dicapai sebesar 52,01%, dan terakhir, daya sebesar 263,83 watt menghasilkan efisiensi sebesar 51,44%. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa turbin crossflow mampu menghasilkan daya di atas 260 watt dengan efisiensi lebih dari 50%, yang menunjukkan bahwa turbin ini layak digunakan pada skala pembangkit listrik tenaga pikohidro. Nilai daya dan efisiensi yang cukup stabil ini juga menandakan performa turbin cukup baik dan sesuai untuk dimanfaatkan di daerah dengan potensi aliran air kecil.

PERNYATAAN TERIMAKASIH

Melalui pernyataan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pembimbing Tris Sugiarto, S.Pd., S.T., M.T. yang telah membantu penulis dalam merampungkan artikel pada Jurnal Rekayasa Mesin ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amar, J. Y., S. Abubakar, dan Radhiah. 2021. Perancangan Turbin Cross-Flow Pada Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hydro (PLTPH) Di Desa Wih Tenang Uken Bener Meriah Jurnal Tektro.JURNAL TEKTRO. 5(1): 69-76
- [2] Alamsyah, M. S. 2024. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro Menggunakan Turbin Crossflow Dengan Perbandingan Variasi Sudut Sudu Terhadap Daya Yang Dihasilkan. Jurnal Teknik Elektro. 13(1): 1-8
- [3] Ahyadi, H dan D. A. Praseto. 2022. Analisa Rancang Bangun Turbin Crossflow Saluran Terbuka Dengan Debit Air 14 liter/menit Skala Laboratorium. PRESISI. 24(2): 1-10
- [4] Alkadri, S. I. 2018. Perancangan Turbin Air Cross Flow Dengan Efisiensi Maksimum Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Di Desa Bungan Jaya Kecamatan Putusibau Selatan Kabupaten Kapuas Hulu Provinsi Kalimantan Barat. POLITEKNOSAINS. 17(2): 44-60
- [5] Apriani, Y., S. Hidayat, Z. Saleh, W. A. Oktaviani dan I. M. Sofian . 2024. Desain Permodelan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Menggunakan Turbin Crossflow. Jurnal Penelitian Multidisiplin Asia Timur (EAJMR). 3(4): 1501-1512
- [6] Darmawan, R., E. Sutoyo., H. Alkindi. 2022. Uji Kinerja Sentrifugal Pada Sistem Alat Uji Heat Exchanger Jenis Concentric Tube Aliran Searah. Jurnal ALMIKANIKA. 4(3) : 107-114
- [7] Fitri, S. N. dan S. Mustafa. 2020. Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Piko-Hydro. Journal Of Electrical Engginering (Joule). 1(2) : 57-60

- [8] Irawan H, dan Mujjiburahman. 2019. Perancangan Turbin Air Tipe Crossflow Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro. *Jurnal Teknik Mesin UNSIKA*. 4(1) : 46-50
- [9] Mafrudin dan D. Irawan. 2014. Pembuatan Turbin Mikrohidro Tipe Cross-flow Sebagai Pembangkit Listrik Di Desa Bumi Nabung Timur. 3(2) : 7-12
- [10] Muliawan, A., & Yani, A., 2016. Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner. *Journal of Sainstek*, 8(1): 1-9.
- [11] Permana, Y., A. Jaya, M. Hidayatullah, N. Aryanto. 2023. Rancang Bangun Turbin Air Tipe Crossflow Dan Pengaruh Ketinggian Air Terhadap Efisiensi Turbin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro. *Jurnal Elektronika, Sains dan Sistem Energi*. 2(1); 54-60
- [12] Pratilastiarso, J. dan M. Hamka. 2016. Rancang bangun PLTMH Menggunakan Turbin Cross Flow Berkapasitas 1 Kw Untuk Daerah Terpencil Dengan Sumber Air Yang Terbatas . Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan” . 10(1) : 1-7
- [13] Purwono, E., A. S. Imam. 2023. Rancang Bangun Simulator Turbin Air Crossflow Skala Laboratorium. *PUBLISHING JOURNAL IN MECHANICAL ENGINEERING*. 1(1); 46-53
- [14] Rahmadian, R., Mahendra W, Aditya CH. 2023. Pengaruh Sistem Dan Rasio Pulley Terhadap Daya Listrik Pada Generator Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro. *Jurnal Teknik Elektro*. 12(3) : 40-48
- [15] Saleh, Z., Y. Apriliani, F. Ardianto, R. Purwanto. 2019. Analisis Karakteristik Turbin Crossflow Kapasitas 5kW. *Jurnal Surya Energy*. 3(2) : 255 261
- [16] Saputra, R., T. Liichan. 2018. Perancangan Ulang Turbin Kaplan Poros Vertikal Di PLTM Plumbungan. *BINA Teknika*. 14(2) : 153-161
- [17] Suseno, B. M. M. 2022. Rancang Ulang Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Portabel Tipe Crossflow. *Jurnal Mekanik Terapan*. 3(2): 70-78
- [18] Triono B., B. M. M. Suseno, Haryadi,V. Wuwung dan D. Setiawan. 2024. Studi Peningkatan Peforma Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Modifikasi Konstruksi Turbin Crossflow Portabel. 6(1): 16-25
- [19] Trisasiwi, W., Masrukhi, A. Mustafa dan Furqon. 2017. Rancang Bangun Turbin Cross-Flow Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Skala Laboratorium. *DINAMIKA REKAYASA*. 13(1) : 29-36
- [20] Wiwaha, S.S., F. Ronilaya, F. D. Ulhaq, M. N. F. Muhsin, R. Setyawan, S. W. Dali. 2021. Rancang Bangun Turbin Crossflow Pada Spiral Vortex Turbine House Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro. *Jurnal Sistem Kelistrikan* .8(3): 126-131
- [21] Yuniarti, E. 2012. Rancangan Parameter Turbin Crossflow Generator Sikron Pada PLTMH Talang Lintang. *Berkala Teknik*. 2(4)

