

Simulasi Kinerja Pada Turbin Picohydro Dengan Penambahan Sirip

ANDHIKA RAMAPUTRA D.¹, TITO SHANTIKA¹, LIMAN HARTAWAN, M. PRAMUDA N.S.¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Nasional Itenas Bandung
Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124
Email: andhika.ramaputra23@mhs.itenas.ac.id

Received 03 02 2023 | Revised 10 02 2023 | Accepted 10 02 2023

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Picohydro adalah salah satu jenis pembangkit listrik yang menghasilkan daya kurang dari 5 KW. Pada penelitian sebelumnya, telah dihasilkan turbin picohydro dengan kapasitas 200 Watt dengan jenis turbin propeller. Jenis sudu propeller dapat ditingkatkan kinerjanya dengan penambahan sirip akan tetapi penelitian tersebut dilakukan pada propeller kapal. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh sirip terhadap turbin picohydro. Metode penelitian yang dilakukan adalah simulasi dengan Computational Fluids Dynamic (CFD) untuk turbin tanpa penambahan sirip dan turbin dengan penambahan sirip dengan variasi kecepatan aliran air 1 m/s, 2 m/s dan 3 m/s untuk melihat pola aliran dan efektivitas turbin. Dari hasil simulasi diperoleh daya dan efisiensi turbin tanpa menggunakan penambahan sirip sebesar 4115,21 Watt dan efisiensi sebesar 36% pada kecepatan 3 m/s sedangkan pada turbin setelah ditambahkan sirip, turbin menghasilkan daya sebesar 5957,76 Watt dan efisiensi sebesar 53%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa kinerja turbin meningkat Ketika menggunakan sirip. Hal ini dikarenakan dengan adanya sirip pola aliran terkonsentrasi dan tidak ada arus eddy.

Kata Kunci: Turbin picohydro, Analisa kinerja turbin

ABSTRACT

Picohydro Hydroelectric Power Plant (PLTA) is a type of power plant that produces less than 5 KW of power. In previous research, a picohydro turbine with a capacity of 200 Watt was produced with a propeller turbine type. The performance of this type of propeller blade can be improved by adding fins, but this research was carried out on ship propellers. Therefore this research was conducted to see the effect of fins on picohydro turbines. The research method used is simulation with Computational Fluids Dynamics (CFD) for turbines without the addition of fins and turbines with the addition of fins with variations in water flow velocity of 1 m/s, 2 m/s and 3 m/s to see flow patterns and turbine effectiveness. From the simulation results obtained the power and efficiency of the turbine without using the addition of fins of 4115.21 Watts and an efficiency of 36% at a speed of 3 m/s while in the turbine after adding the fins, the turbine produces a power of 5957.76 Watts and an efficiency of 53%. Thus it can be seen that turbine performance increases when using fins. This is because the fins have a concentrated flow pattern and there are no eddy currents.

Keywords: Picohydro turbine, Turbine performance analysis

1. PENDAHULUAN

Pada zaman sekarang ini mendapatkan energi listrik hal yang sudah umum untuk masyarakat di kota-kota besar di Indonesia. Pada tahun 2021, konsumsi listrik Indonesia mencapai 1.109 kWh perkapita. Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), angka tersebut setara dengan 92,2% dari target yang ditetapkan pada 2021 sebesar 1.203 kWh per kapita. Saat ini belum seluruh masyarakat Indonesia dapat merasakan dampak dari mendapatkannya aliran listrik. Banyak daerah terpencil yang masih belum mendapatkan akses listrik baik karena lokasi geografis yang tergolong sangat berat.

Banyak pedalaman yang masih mengandalkan penggunaan lilin sebagai cahaya penerangan pada malam hari. Pada dasarnya, penggunaan *turbin picohydro* menjadi salah satu solusi untuk desa-desa terpencil yang belum memiliki pasokan listrik dan daerah geografis yang memiliki aliran sungai. Potensi energi yang dapat dikonversikan dari aliran air di setiap daerah sangat bervariasi. Hal tersebut karena laju aliran air (*debit*) dan *head* tersedia berbeda-beda pada setiap daerah, sehingga parameter tersebut sangat penting untuk menjadi perkiraan daya output yang akan dihasilkan (H. Zainuddin I, et al, 2008).

Jenis pembangkit ini digunakan untuk penggunaan daya listrik yang tidak terlalu besar dan hanya digunakan untuk konsumsi listrik bagi penerangan rumah-rumah saja. *Picohydro* adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (*resources*) penghasil listrik adalah memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari instalasi. Semakin besar kapasitas aliran maupun ketinggiannya dari instalasi maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik (Shantika & Ridwan, 2013).

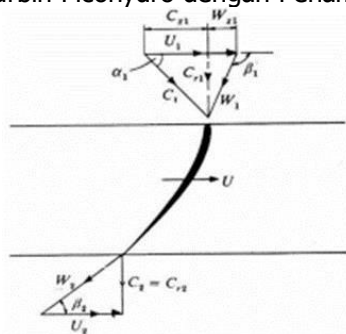
Turbin air dikembangkan pada abad ke 19 dan digunakan secara luas untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin air mengubah energi kinetik air menjadi energi mekanis. Energi mekanis diubah dengan generator listrik menjadi tenaga listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi kinetik menjadi energi (Hasibuan, 2020).

Sudu (*blade*) merupakan bagian turbin yang berfungsi untuk merubah gerak pancar air menjadi gerak rotasi/putaran atau pancaran air yang masuk turbin dan mengenai sudu roda turbin akibat adanya *fluida* kerja (air, angin, uap, dll) yang dimana akan terjadi konversi energi yaitu energi kinetik menjadi energi mekanis yang menggerakannya atau mengubah energi potensial menjadi energi kinetik (Sahbana & Anam, 2018).

Sirip merupakan bagian tambahan atau modifikasi pada sudu turbin yang berfungsi memperbesar luasan ruang dan memperbesar tekanan di sepanjang luasan sudu (Pamungkas, Wijayanto, & Saputro, 2017). Bentuk Sirip mengikuti dari bentuk sudu. Dengan melakukan penambahan variasi Sirip pada sudu maka akan didapat cut in speed yang optimal.

Pada perputaran turbin, terdapat segitiga kecepatan. Segitiga kecepatan seringkali dipergunakan dalam menentukan parameter-parameter dalam perencanaan turbin. Seperti terlihat pada **Gambar 1.**, U adalah kecepatan suatu titik pada *impeller relative* terhadap tanah, W adalah kecepatan partikel *fluida relative* terhadap *impeller*, dan C adalah kecepatan absolut partikel fluida yang mengalir melalui *impeller relative* terhadap tanah. C merupakan hasil penjumlahan secara vektor dari U dan W . Sudut antara C dan U disebut α , sudut antara W dan perpanjangan U disebut β , sudut β juga merupakan sudut yang dibuat antara garis singgung terhadap sudu *impeller* dan suatu garis dalam arah Gerakan sudu. (Kaprawi & Permana, 2015)

Simulasi Kerja Turbin Picohydro dengan Penambahan Sirip



Gambar 1. Segitiga Kecepatan

Computational Fluid Dynamics (CFD) adalah metode yang digunakan untuk melakukan analisis dan perhitungan dengan bantuan komputer. CFD mampu memecahkan masalah secara simulasi terhadap objek yang akan disimulasikan. Metode CFD banyak diterapkan untuk melakukan penelitian dalam simulasi aliran *fluida*. Perangkat lunak CFD memiliki variasi sesuai dengan kebutuhan simulasi yang akan dilakukan. Komputer digunakan untuk melakukan perhitungan yang diperlukan dalam mensimulasikan interaksi antara *fluida* dengan benda kerja. CFD merupakan analisa sistem yang melibatkan aliran *fluida*, perpindahan panas, dan fenomena yang terkait lainnya seperti reaksi kimia dengan menggunakan simulasi komputer. Metode ini meliputi fenomena yang berhubungan dengan aliran fluida seperti sistem *liquid* dua *fase*, perpindahan massa dan panas, reaksi kimia, dispersi gas atau pergerakan partikel tersuspensi. (Susilo, Santoso, & Musyiradi, 2013)

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir merupakan alir kerja atau proses, agar pelaksanaan penelitian mencapai tujuan yang telah direncanakan. Pada tahap ini bertujuan untuk mencari tahu dan mempelajari literatur mengenai turbin *picohydro* sebagai parameter pada simulasi aliran pada turbin *picohydro* dan prinsip kerja dari *Computational Fluids Dynamic (CFD) Solidworks*. Tahapan ini merupakan langkah untuk mendesain sebuah model dari *blade turbin picohydro* menggunakan *software Solidworks* dan memiliki tujuan untuk melakukan analisa kinerja turbin pada simulasi CFD. Lalu setelah proses pendesainan selesai, dilanjutkan dengan proses penginputan data yang akan digunakan pada simulasi. Pada tahapan simulasi, dilakukan *flow simulation* dengan jenis simulasi *internal flow* dan simulasi dilakukan pada 2 jenis *turbin*. Pada simulasi yang pertama dilakukan simulasi pada turbin *picohydro* tanpa menggunakan penambahan sirip dan yang satu menggunakan penambahan sirip. Setelah simulasi dilakukan, dilakukanlah Analisa terhadap hasil dari simulasi tersebut untuk mengetahui pengaruh sirip terhadap kinerja turbin.

2.2. Penentuan Parameter

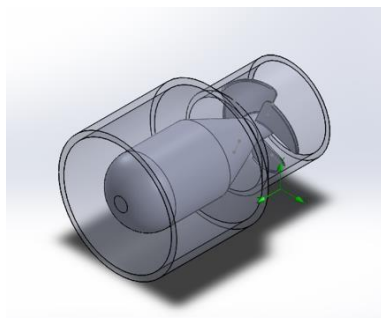
Pada penentuan parameter yang akan ditinjau adalah kecepatan dari aliran yang akan digunakan yaitu 1 m/s, 2 m/s dan 3 m/s. Selain dari kecepatan aliran pada penelitian ini juga meninjau daya yang dihasilkan oleh turbin juga efisiensi yang dihasilkan agar dapat diketahui pengaruh Sirip terhadap turbin.

2.3. Gambar dan Data Input

Tahapan ini merupakan langkah untuk mendesain sebuah model dari *blade turbin picohydro* menggunakan *software Solidworks* dan memiliki tujuan untuk melakukan analisa kinerja turbin pada simulasi CFD.

1. Proses Penggambaran Turbin

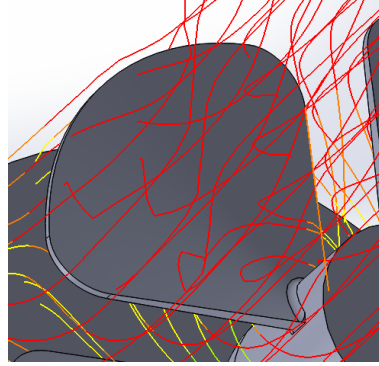
Tahapan ini adalah tahapan dimana proses penggambaran *blade* turbin dan *casing* turbin di *software solidworks*. Untuk proses yang ke-1 adalah proses penggambaran blade turbin dan rumah roda gigi turbin. Pada sisi serang turbin memiliki sudut serang sebesar 80° dan sudut keluar sebesar 58° . Pada tahap ke-2 adalah proses penggambaran casing turbin sebagai rumah dari *blade* turbin. *Casing* turbin di gambar sesuai dengan bentuk dari casing turbin yang sudah ada. Pada tahap ke-3 adalah proses penggambaran Sirip yang akan dipasangkan ke *blade* turbin. *Blade* turbin di gambar dengan dimensi tinggi 4 mm dan lebar 4 mm. Sirip akan dipasangkan pada ujung dari masing-masing *blade*.



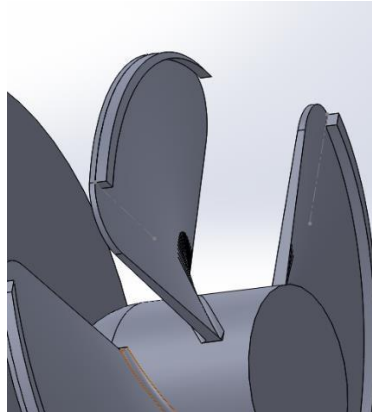
Gambar 2. Turbin Picohydro

Sebelum melakukan pemasangan Sirip pada blade, dilakukan simulasi untuk melihat arah gerak aliran pada penampang blade agar mengetahui ke arah mana air akan terbuang dan dapat dimanfaatkan seperti pada **Gambar 3**. Setelah mengetahui letak air terbuang pada penampang, dilakukan pemasangan Sirip pada blade seperti pada **Gambar 4**.

Simulasi Kerja Turbin Picohydro dengan Penambahan Sirip



Gambar 3. Bukti Aliran



Gambar 4. Pemasangan Fin

2. Proses Input Data

Data input adalah data yang dimasukkan sebagai parameter simulasi.

Tabel 1. Data Input

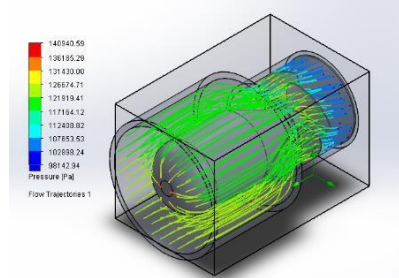
No	Data	Nilai
1	<i>Environmental Pressure</i>	108325,00 Pa
2	<i>Temperature</i>	293,2 K
3	<i>Inlet Velocity Flow</i>	1,000 m/s
		2,000 m/s
		3,000 m/s
4	Fluida	<i>Water</i>

2.4. Simulasi Solidworks

Pada tahapan simulasi ini melakukan *flow simulation* dengan *software solidworks*. Simulasi ini berfungsi untuk mengetahui laju arah aliran *fluida* pada *turbin picohydro* dan kinerjanya. Pada proses analisis simulasi *turbin picohydro* ini meliputi :

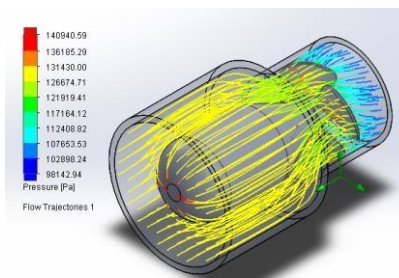
1. Menentukan sisi *inlet* dan *outlet fluida* pada turbin
2. *Wizard*, Pada proses ini diminta untuk memasukkan data dan parameter apa saja yang akan dilakukan simulasi sesuai yang diinginkan. Terdapat 2 jenis dari simulasi yaitu *internal* dan *external*. Simulasi *internal* adalah pengujian dimana simulasi dilakukan di dalam sistem tertutup dan simulasi *external* adalah simulasi yang dilakukan di sistem terbuka. Pada pengerjaan tugas akhir ini digunakan simulasi dengan jenis *internal* karena objek yang akan diuji berada di dalam sistem tertutup sebuah *casing turbin*. Setelah menentukan jenis pengujian yang akan dilakukan, melakukan pemilihan jenis fluida yang akan digunakan di menu *Default Fluid*. Fluida yang digunakan pada pengujian ini adalah *water*. Setelah

Simulasi Kerja Turbin Picohydro dengan Penambahan Sirip



Gambar 5. Simulasi Tanpa Sirip

2. Simulasi turbin dengan sirip, Simulasi turbin dengan Sirip ini bertujuan untuk mengetahui kinerja dan pola aliran yang dihasilkan oleh turbin dengan memasukan data untuk pengoprasian dimana hasilnya akan dibandingkan dengan data simulasi *turbin picohydro* tanpa menggunakan. Simulasi ini menggunakan *Computational Fluids Dynamic (CFD) solidworks* untuk hasil yang lebih cepat dan mudah disimulasikan. Dari data yang didapatkan adalah data yang akan digunakan untuk mencari performa dan pola aliran yang dihasilkan oleh turbin.



Gambar 6. Simulasi Dengan sirip

2.5. Analisis Simulasi

Analisa kinerja turbin dengan Sirip ini bertujuan untuk mengetahui dampak yang diberikan Sirip terhadap performa turbin. Parameter-parameter yang dibandingkan antara turbin picohydro yang tidak memakai Sirip dan *turbin picohydro* yang memakai Sirip adalah kinerja dari turbin yang meliputi daya yang dihasilkan dan pola aliran yang dihasilkan. Dari langkah ini dilakukan analisa perbandingan dari *turbin picohydro* dari data hasil simulasi CFD menggunakan *Software SolidWorks* yang sudah dilakukan.

3. ISI (HASIL DAN PEMBAHASAN)

3.1. Hasil

Untuk menganalisa efek dari penambahan Sirip terhadap kinerja *turbin picohydro* adalah dengan cara melakukan simulasi *turbin* tanpa menggunakan penambahan Sirip dan melakukan simulasi turbin dengan penambahan Sirip. Dari hasil simulasi *turbin* tanpa Sirip dan simulasi turbin dengan Sirip akan dibandingkan untuk dicari kinerjanya dan dilihat pola aliran yang dihasilkan saat ditambahkan Sirip.

3.2. Analisis Efisiensi

Setelah melakukan simulasi, maka didapatkanlah hasil Analisa seperti pada **Tabel 4.**

Tabel 4. Hasil Simulasi

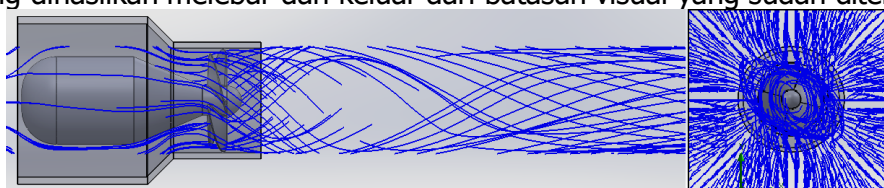
TANPA SIRIP			
KECEPATAN (m/s)	DAYA AIR (Watt)	DAYA TURBIN (Watt)	EFISIENSI (%)
1	406,134	149,12	36,61%
2	3266,73	1186,34	36,31%
3	11177,51	4115,21	36,81%
DENGAN SIRIP			
1	406,134	217,28	53,50%
2	3266,73	1751,83	53,62%
3	11177,51	5957,76	53,30%

3.3. Analisis Pola Aliran

Dari hasil simulasi didapatkan 2 hasil pola aliran dari kedua jenis simulasi yaitu simulasi turbin tanpa menggunakan Sirip dan simulasi turbin dengan menggunakan penambahan Sirip. Berikut adalah hasil dari simulasi pola aliran.

1. Pola Aliran Turbin tanpa Menggunakan Sirip

Dapat diamati dari pola aliran yang dihasilkan oleh turbin yang tidak menggunakan Sirip adalah dengan adanya ruang kosong pada gambar aliran. Hal itu menandakan bahwa aliran yang dihasilkan melebar dan keluar dari batasan visual yang sudah ditentukan



Gambar 7. Pola Aliran Tanpa Sirip

2. Pola Aliran Turbin Dengan Sirip

Dari pola aliran yang dihasilkan oleh turbin dengan penambahan Sirip memiliki ketebalan warna dari visual pola aliran yang lebih tebal, hal itu dikarenakan menumpuknya garis warna yang menandakan bahwa terdapatnya keseragaman pola aliran yang dihasilkan. Dari pola aliran yang dihasilkan tidak melebar dari batasan visual yang ditentukan.



Gambar 8. Pola Aliran Dengan Sirip

Simulasi Kerja Turbin Picohydro dengan Penambahan Sirip

Dari hasil simulasi kedua jenis sudu dan 3 kecepatan aliran, didapatkan hasil bahwa kinerja turbin meningkat Ketika diberikan tambahan sirip dan juga pola aliran yang dihasilkan berubah. Seperti pada **Gambar 8**, turbin dengan ditambahkan sirip, pola aliran tidak melebar keluar yang menandakan bahwa penambahan sirip dapat mengganggu efek sentrifugal aliran sehingga pola aliran yang dihasilkan tidak menyebar dan tidak adanya arus eddy.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Daya

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Hasil

Dari hasil simulasi turbin tanpa menggunakan penambahan Sirip dan simulasi turbin dengan menggunakan penambahan Sirip, dapat disimpulkan bahwa dampak dari penambahan Sirip pada turbin dapat dilihat melalui efisiensi turbin meningkat dari yang awalnya memiliki efisiensi 36 % menjadi 53%. Hal itu dikarenakan dengan penambahan Sirip, putaran turbin menjadi meningkat dan juga luas permukaan sudu yang mengecil akibat ditambahnya Sirip pada permukaan sudu. Dengan meningkatnya efisiensi turbin, dapat disimpulkan bahwa Sirip berpengaruh terhadap daya turbin yang dihasilkan sehingga turbin mengalami peningkatan efisiensi. Pada kecepatan 1 m/s, putaran turbin tanpa menggunakan Sirip didapatkan sebesar 170,97 RPM sedangkan putaran turbin yang menggunakan Sirip didapatkan sebesar 174,29 RPM. Dari jumlah putaran yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa Sirip berpengaruh terhadap putaran turbin yang dihasilkan, hal itu diakibatkan karena mengecilnya luas penampang sudu turbin akibat ditambahnya Sirip pada ujung dari sudu turbin. Dari gaya sentrifugal yang dihasilkan oleh aliran air, air tidak langsung keluar dari sudu turbin pada bagian ujung tetapi tertahan terlebih dahulu oleh Sirip yang menjadikan dorongan air terhadap putaran turbin semakin membesar. Dari hasil pola aliran, turbin yang menggunakan penambahan Sirip memiliki pola aliran yang seragam dibandingkan dengan pola aliran turbin tanpa menggunakan Sirip. Dengan seragamnya pola aliran dapat disimpulkan bahwa Sirip berpengaruh terhadap pola aliran yang dihasilkan oleh turbin.

4.2. Saran

Melakukan simulasi dengan dimensi Sirip yang berbeda dan jarak yang berbeda agar dapat mengetahui pengaruh dimensi dan jarak Sirip terhadap turbin. Untuk jarak yang disarankan adalah 60%-80% dari ujung sisi hub dengan tinggi sirip 8 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- Hasibuan, A. (2020). Simulasi Aliran Fluida (Air) Pada Turbin Whirpool Menggunakan Pendekatan CFD (Computational Fluida Dynamics). Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Kaprawi, & Permana, A. (2015). Aplikasi Turbin Air Mini Sebagai Pengukur Kecepatan Aliran Air. *Jurnal Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya*, 72.
- Pamungkas, S. F., Wijayanto, D. S., & Saputro, H. (2017). Pengaruh Variasi Penambahan Fin Terhadap Cut In Speed Turbin Angin Savonius Tipe S. *Journal Of Mechanical ENgineering Education*, 17.
- Sahbana, M. A., & Anam, S. K. (2018). Pengaruh Jenis Sudu Terhadap Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetik Poros Horizontal. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Widyagama Malang*,
- Shantika, T., & Ridwan, M. (2013). Perancangan Prototipe Picohydro Portable 200 Watt. Seminar Nasional XII Rekayasa Dan Aplikasi Teknik Mesin Di Industri (p. 40). Bandung: Kampus Itenas.
- Undership Terhadap Tahanan dan Gaya Dorong Kapal dengan Metode Analisa CFD. *JURNAL TEKNIK POMITS*, G-176