

PEMODELAN ENERGI LISTRIK YANG DIHASILKAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR DENGAN SUDU TIPE NACA 0018 DENGAN VARIASI POSISI UNTUK TURBIN DARRIEUS MENGGUNAKAN METODE CFD

Andreas Thoby¹⁾, Rosyida Permatasari²⁾

^{1,2)}Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Trisakti
Corresponding Author: **rosyida@trisakti.ac.id**

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan prinsip kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). PLTMH menggunakan air sebagai media yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Potensi energi air di Indonesia sangat besar, maka akan sangat efisien untuk menghasilkan energi. Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan pembangkit listrik menggunakan arus air menggunakan Turbin Darrieus dengan 3 buah sudu dan 4 buah sudu. Tipe sudu yang dimodelkan menggunakan airfoil NACA 0018. Kecepatan aliran dari sistem akan menggunakan 5 variasi yakni 0,77 m/s, 0,89 m/s, 0,99 m/s, 1,17 m/s, dan 1,25 m/s. Metode yang digunakan adalah CFD dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS. Pemodelan ini mencari posisi optimal dari Turbin Darrieus. Hasil yang optimal didapat pada posisi 2 dengan 3 sudu pada sudut serang 10° yaitu 10,2 Watt dimana Turbin pada posisi 1 dengan 3 sudu pada sudut serang 10° daya yang dihasilkan sebesar 8,8 Watt.

Kata kunci: PLTMH, Turbin Darrieus, NACA, CFD, Performa

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah salah satu metode untuk menghasilkan listrik menggunakan prinsip yang sama dengan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) namun jika daya yang dihasilkan dibawah 100 kW maka dikategorikan dalam PLTMH. PLTMH menggunakan turbin untuk mengkonversikan energi potensial menjadi energi mekanik dengan menggunakan turbin, salah satunya Turbin Darrieus yang merupakan turbin vertical axis yang ditemukan ada 1931 oleh Georges Jean Marie Darrieus. Listrik adalah kebutuhan pasti demi memastikan berlangsungnya semua kegiatan di suatu negara. Indonesia adalah salah satu negara dengan konsumsi energi yang tinggi, Berdasarkan Energy Access Outlook 2017 yang diterbitkan oleh International Energy Agency (IEA), pada tahun 2015, sebanyak 193 negara baik maju maupun berkembang telah berbondong-bondong dalam mengembangkan sumber energi listrik yang bersih dan berkelanjutan Energi Baru Terbarukan (EBT) pun menjadi solusi terbaik. [1]

Air adalah media yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang ramah lingkungan. Indonesia sangat berpotensi untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan air, karena faktor geologis Indonesia yang mendukung yakni banyaknya ketersediaan lokasi yang mendukung untuk mengembangkan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Dimana kondisi air tersebut

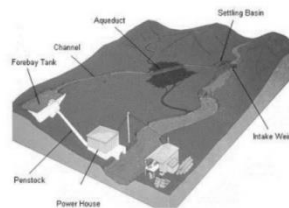
memiliki kecepatan tertentu, maka akan selalu ada potensi untuk menghasilkan energi melalui air. Dengan kecepatan air yang memenuhi kriteria seperti halnya sungai ataupun air terjun dapat menciptakan energi kinetik yang kemudian akan dikonversikan menjadi energi listrik.

Pemodelan Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Variasi Sudu Tipe NACA 0018 pada Turbin Darrieus Menggunakan Metode CFD, untuk mendapatkan performa optimal dari Turbin Darrieus dengan pengaruh terhadap posisi turbin.

II. STUDI PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan air sebagai media yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Turbin berfungsi untuk menghasilkan energi mekanik. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbarui, yaitu air. Ukuran yang kecil penerapan PLTMH relatif mudah dan ramah lingkungan. PLTMH menggunakan prinsip kerja PLTA bahkan dapat disebut dengan PLTA berkapasitas kecil [3]



Gambar 1. PLTMH

2.2 Turbin Darrieus

Pada tahun 1931, seorang ilmuwan aeronautical engineer berkebangsaan Prancis yang bernama Georges Jean Marie Darrieus mengembangkan sebuah turbin lalu kemudian diberi nama Turbin Darrieus. *advantages* dari turbin darrieus ini adalah arah aliran tidaklah terlalu diperhitungkan yang disebabkan oleh kesimetrian pada bentuk turbin darrieus, turbin darrieus dapat beroperasi secara maksimal walaupun berada pada kondisi kecepatan aliran yang rendah maupun head yang rendah. Tentunya turbin darrieus juga memiliki *disadvantages* beberapa yakni vibrasi yang timbul pada turbin biasanya cukup tinggi, dan turbin darrieus tidak mampu untuk melakukan *self-starting*.



Gambar 2. Turbin Darrieus

2.3 Perhitungan Daya Turbin Darrieus

$$P_{out} = \tau \cdot \omega = \tau \left(\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \right) \quad 2.1$$

P_{out} = Daya output
 τ = Torsi
 ω = Omega

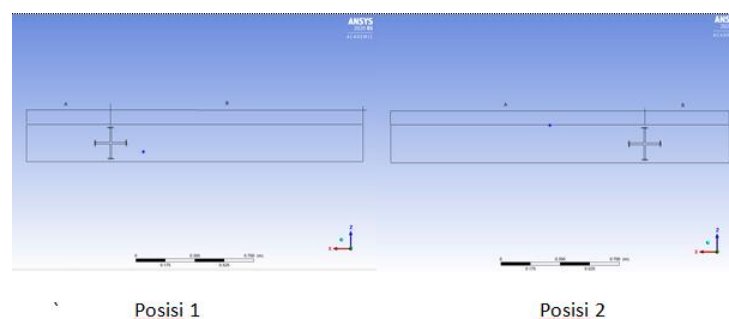
Daya yang dihasilkan oleh turbin darrieus dapat dicari dengan cara mengalikan perkalian torsi (τ) dengan kecepatan angular (ω). Dimana torsi dalam Nm dan kecepatan angular dalam rad/s. seperti ditunjukkan dalam persamaan 2.1 [6].

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan studi literatur, yang bertujuan untuk menambah pengetahuan dan pemahaman penulis pada topik penelitian ini. Penelitian diawali dengan mengumpulkan data-data dari hasil eksperimen, lalu dibuat desain 3d dari komponen turbin menggunakan software Fusion 360. Lalu dilakukan simulasi pada software ANSYS Fluent. Lalu ketika hasil simulasi mencapai konvergen dilakukan analisa hasil simulasi dan dibandingkan dengan hasil eksperimen, lalu dibuat kesimpulan dari penelitian ini.

3.1 Pemodelan Turbin Darrieus

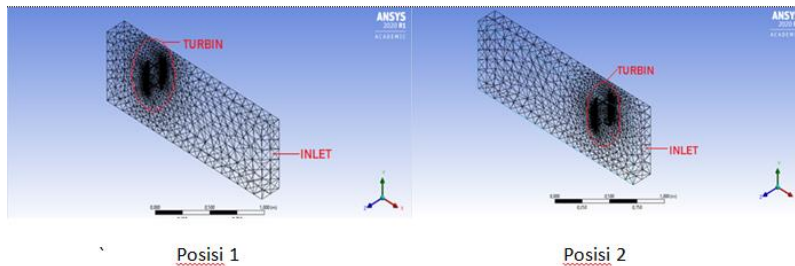
Sebelum melaksanakan simulasi untuk PLTMH, dilakukan pemodelan turbin dalam bak, agar dapat di simulasikan dalam software ANSYS Fluent. Pemodelan turbin di lakukan menggunakan software Fusion 360. Pemodelan untuk bak turbin dilakukan dalam ANSYS Design Modeler, dengan menggunakan fitur Boolean (unite dan substract) dan enclosure. Proses pemodelan di bak dilakukan untuk kedua variasi jumlah, sudut serang, dan posisi turbin. Untuk pemodelan posisi turbin dilakukan 2 variasi yang dapat dilihat pada gambar 3.8 dan 3.9. Untuk posisi 1 pada, A 225 mm dan B 1175. Untuk posisi 2 berkebalikan dengan posisi 1. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4



Gambar 4. Pemodelan Posisi 1 dan Posisi 2

3.2 Proses Meshing

Proses meshing adalah proses untuk ANSYS membagi geometri menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil dengan berbagai metode yang dapat dipilih, untuk penelitian ini digunakan metode automatic. Proses meshing dilakukan pada software ANSYS Mesh. Hasil meshing dapat dilihat pada gambar dibawah dengan kualitas skewness dibawah 0,98 yang mana sebelum simulasi dijalankan, ANSYS Fluent akan menyarankan untuk memperbaiki kualitas meshing apabila skewness melebihi 0,98. Untuk mengatasi masalah skewness dapat dilakukan dengan mengecilkan ukuran dari mesh-nya, dimana jumlah mesh pada simulasi ini adalah sebesar 814389 untuk turbin dengan 3 sudu dan 878568 untuk turbin dengan 4 sudu.



Gambar 5. Mesing Posisi 1 dan Posisi 2

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Simulasi

kecepatan aliran Air (m/s)	putaran Turbin (RPM)	TORSI 3 sudu (10 derajat) [Nm]		putaran Turbin (RPM)	TORSI 3 sudu (10 derajat) [Nm]	
		posisi 1	posisi 2		posisi 1	posisi 2
0,77	117	0.0741	0.104	95	0.296	0.366
0,89	138	0.112	0.155	118	0.409	0.479
0,99	150	0.125	0.206	131	0.488	0.604
1,17	158	0.203	0.228	142	0.692	0.817
1,25	165	0.242	0.303	151	0.749	0.861

TABEL 1. Hasil Simulasi Torsi Turbin 3 sudu

kecepatan aliran Air (m/s)	putaran Turbin (RPM)	TORSI 4 sudu (10 derajat) [Nm]		putaran Turbin (RPM)	TORSI 4 sudu (10 derajat) [Nm]	
		posisi 1	posisi 2		posisi 1	posisi 2
0,77	95	0.013	0.03	60	0.03	0.03

0,89	115	0.01	0.037	77	0.05	0.06
0,99	135	0.02	0.04	83	0.06	0.06
1,17	144	0.03	0.07	90	0.093	0.12
1,25	148	0.025	0.09	114	0.13	0.15

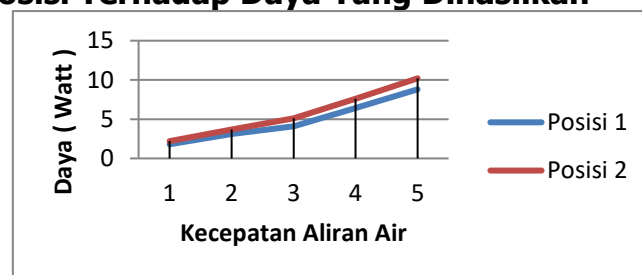
TABEL 2. Hasil Simulasi Torsi Turbin 4 sudu

Kecepatan Aliran Air (m/s)	DAYA (watt)		Kondisi Turbin
	Posisi 1	Posisi 2	
0,77	0,7	1,02	3 sudu 0 derajat
0,89	1,38	1,91	
0,99	1,71	2,82	
1,17	3,01	3	
1,25	3,8	5	
0,77	1,8	2,2	3 sudu 10 derajat
0,89	3,1	3,7	
0,99	4,11	5,1	
1,17	6,42	7,61	
1,25	8,8	10,2	
0,77	0,13	0,3	4 sudu 0 derajat
0,89	0,16	0,45	
0,99	0,29	0,6	
1,17	0,45	1,06	
1,25	0,59	1,49	
0,77	0,22	0,21	4 sudu 10 derajat
0,89	0,42	0,51	
0,99	0,57	0,52	
1,17	0,8	1,2	
1,25	1,6	1,8	

TABEL 3. Hasil Simulasi Daya Turbin Darrieus

Pada table 3 menunjukkan hasil simulasi Turbin Darrieus dengan variasi kecepatan aliran air, dan variasi turbin baik dari jumlah sudu, sudut serang, dan posisi dari turbin. Daya tertinggi didapat pada turbin dengan 3 sudu dengan sudut serang 10 derajat pada kecepatan aliran sebesar 1,25 m/s, yakni sebesar 10,2 watt lalu diikuti oleh turbin dengan 3 sudu dengan sudut serang 10 derajat dengan hasil 8,8 watt. Untuk daya terkecil didapat pada turbin dengan 4 sudu dan sudut serang 0 derajat pada kecepatan aliran 0,77 m/s yakni 0,13 watt.

4.2 Pengaruh Posisi Terhadap Daya Yang Dihasilkan



Gambar 4. Grafik Daya Posisi 1 vs Posisi 2

Tujuan simulasi ini adalah untuk membuktikan apakah posisi turbin dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan oleh turbin. Posisi 1 adalah posisi eksperimen (Lukman, 2020), posisi dari turbin diletakkan di posisi yang lebih kebelakang atau jauh dari sumber aliran. Posisi 2 adalah posisi turbin yang diletakkan lebih kedepan atau lebih dekat dengan sumber aliran air. Pada Gambar 13 grafik menunjukkan bahwa pada posisi 1 daya listrik tertinggi yang dihasilkan terdapat

pada 8,8 watt sedangkan pada posisi 2 daya listrik tertinggi yang dihasilkan adalah 10,2 watt. Secara teori kecepatan aliran pada posisi 1 kondisi aliran belum berkembang penuh, berbeda dengan posisi 2, yang dimaksud dari aliran berkembang penuh adalah kondisi dimana aliran fluida mencapai kondisi stabil. Pada simulasi ini menggunakan aliran turbulen, dimana pada saat aliran berkembang penuh dinyatakan maka terdapat gangguan di lintasan fluida, baik itu dari perubahan ukuran dan hal hal lain yg menyebabkan aliran bergerak secara acak. Terjadi perbedaan daya yang dihasilkan yang cukup signifikan dengan mengubah posisi dari turbin, sehingga menunjukkan turbin pada posisi 2 menghasilkan daya listrik yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh kecepatan aliran air ketika menghantam sudu turbin, posisi yang lebih dekat dengan sumber aliran akan mendapatkan kekuatan hantaman yang lebih besar daripada turbin yang diposisikan lebih jauh dari sumber aliran, kecepatan aliran air akan berkurang akibat losses yang terjadi karena lintasan dari air.

V KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dengan cara melakukan simulasi pada software ANSYS Fluent, didapat hasil pengamatan yang dapat menunjukkan adanya pengaruh posisi penempatan Turbin Darrieus untuk mendapatkan daya output yang lebih optimal. Dari semua simulasi yang dilakukan dengan beberapa variasi yakni Turbin Darrieus 3 sudu dengan sudut serang 0o, 3 sudu dengan sudut serang 10o, 4 sudu dengan sudut serang 0o, dan 4 sudu dengan sudut serang 10o diperoleh bahwa posisi Turbin Darrieus pada posisi 2 menghasilkan daya output yang lebih tinggi daripada Turbin air Darrieus yang diletakkan pada posisi 1. Hasil simulasi memiliki kesamaan tren dengan eksperimen, dimana daya yang dihasilkan meningkat seiring bertambahnya kecepatan aliran air, dan turbin dengan 3 sudu menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan dengan turbin 4 sudu, dimana hal ini juga terjadi di simulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- International Energy Agency. (2017). World Energy Outlook 2017 - Chapter 1: Introduction and scope. World Energy Outlook 2017. <https://doi.org/10.1787/weo-2017-en>
- Tim Sekretaris Jenderal Dewan Energi Nasional. (2019). Indonesia Energy Outlook 2019. Journal of Chemical Information and Modeling. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Syafitri, N. F., Permatasari, R., Teknik, J., Fakultas, M., Industri, T., Trisakti, U., Nasional, E., & McNabola, A. (2018). Analisis Profil Sudu Turbin Mikro Hidro Vortex Untuk. Seminar Nasional Cendekiawan, 535–541.
- El-Sayed, A.F dan Abdel Azim 1995. "Dynamics of Vertical Axis Wind Turbines (Darrieus Type)" . Zagazig University
- Nan, D., Shigemitsu, T., & Zhao, S. (2018). Investigation and analysis of attack angle and rear flow condition of contra-rotating small hydro-turbine. Energies, 11(7). <https://doi.org/10.3390/en11071806>

- Christine Power, Aonghus McNabola, et al "A Parametric Experimental Investigation of the Operating Conditions of Gravitational Vortex Hydropower (GVHP)", *Journal of Clean Energy Technologies*, Vol. 4, No. 2, 2016, hal. 112-119
- Prayoga, W. A., & Permatasari, R. (2019). Perancangan dan Pemodelan Turbin Darrieus untuk Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL). *MESIN*. <https://doi.org/10.25105/ms.v10i1.4127>
- E. R. RAJPUT, *FLUID MECHANICS AND HYDRAULIC MACHINES*, New Delhi: RAM NAGAR, 2008.
- Soultanzadeh, M. B., & Esfahani, B. M. (2014). Optimization of Horizontal Axis wind Turbine Airfoil by Using the Inverse Panel. 3(3), 161–170
- M. F. Hidayat and universitas 17 agustus, "Dengan Ansys Fluent," *Anal Aerodin. Airfoil Naca 0021 Dengan Ansys Fluent M.*, vol. 10, no. 2, pp. 83–92, 2014.
- Www.mh-aerotoools.de, "Special considerations for Hydrofoils." [Online]. Available: <https://www.mhaerotoools.de/airfoils/hydrofoils.htm>. [Accessed: 12- Jan-2020 14:10]
- Fajar, L., & Permatasari, R. (2020). Pembuatan Model Pembangkit Listrik Tenaga Arus Air Dan Pengujian Variasi Jumlah Sudu Turbin Darrieus.