

SIMULASI TURBIN CROSSFLOW DENGAN JUMLAH SUDU 18 SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK PICOHYDRO

Edy Suryono

Program Studi Teknik Mesin
Akademi Teknologi Warga Surakarta
Email: qwedys@yahoo.com

AEB. Nusantara

Program Studi Teknik Mesin
Akademi Teknologi Warga Surakarta
Email: masnusantara3g@yahoo.com

ABSTRAK

Dewasa ini isu krisis energi terus berkembang, dimana dibutuhkan energi terbarukan agar dapat menggantikan energi fosil yang menurut perkiraan akan segera habis, sehingga apabila tidak ada energi yang terbarukan maka manusia akan kekurangan energi. Salah satu upaya pengembangan energi terbarukan adalah dengan pengembangan pembangkit listrik bertenaga air yang bernama *Picohydro*, dimana *Picohydro* ini dapat menghasilkan energi listrik kurang dari 5 kW. Hal ini terutama diaplikasikan untuk debit air yang rendah. Penelitian ini ditujukan untuk mensimulasikan turbin *crossflow* pada komponen pembangkit *Picohydro*. Turbin berdiameter 0,135 m, diameter *shaft* 0,03 m, diameter inlet 0,04 m dan jumlah sudu sebanyak 18 buah. Simulasi menggunakan software desain dan CFD *Fluent*. Desain terdiri dari *inlet*, *outlet*, *fluida rotate* dan *wall*. *Inlet* diatur dengan kecepatan 6 m/s, *turbulent intensity* 5% dan *hydraulic diameter* 0,04 m. *Fluida rotate* diseting pada kondisi *moving reference frame*. *Equisize skew mesh* diatur dengan rentang nilai 0-1 dan *aspect ratio mesh* dari desain bernilai 1-3. Simulasi dari turbin *crossflow* dengan sudu 18 buah menghasilkan kecepatan rotasi sudu sebesar 16.5 rad/s atau *angular velocity* sebesar 157.5633 rpm, dan momen sebesar 290.39 Nm. Sehingga daya optimal yang dihasilkan adalah sebesar 4791 watt (4.791 kw).

Kata kunci: *picohydro*, *crossflow*, CFD *fluent*.

ABSTRACT

Today the issue of energy crisis continues to grow, where renewable energy is needed in order to replace the fossil energy that is expected to run out soon, so that if there is no renewable energy then man will lack energy. One of the renewable energy development efforts is with the development of a water powered power plant called *Picohydro*, which *Picohydro* can generate electrical energy less than 5 kW. This is especially applicable for low water discharge. This research is intended to simulate *crossflow* turbines on *Picohydro* generating components. Turbine diameter 0.135 m, shaft diameter 0.03 m, inlet diameter 0.04 m and the number of blades of 18 units. Simulation using design software and CFD *Fluent*. The design consists of *inlet*, *outlet*, *rotate fluid* and *wall*. The inlet is set at 6 m / s, *turbulent intensity* 5% and *hydraulic diameter* 0.04 m. *Rotate fluid* is set at *moving frame reference condition*. *Equisize skew mesh* is set with a range of values 0-1 and *aspect ratio mesh* of the design is worth 1-3. Simulation of a *crossflow* turbine with 18 blades produces a rotation speed of the blade of 16.5 rad / s or an *angular velocity* of 157.5633 rpm, and a moment of 290.39 Nm. So the optimal power generated is 4791 watts (4,791 kw).

Keywords: *picohydro*, *crossflow*, CFD *fluent*.

1. PENDAHULUAN

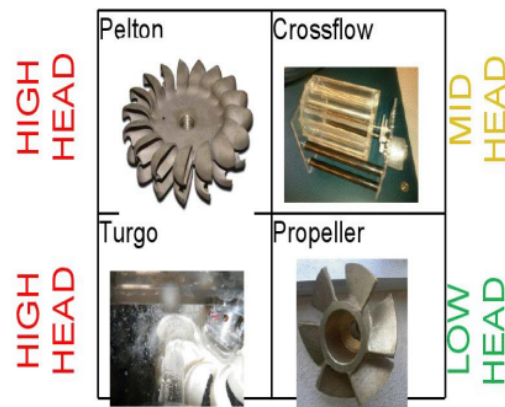
Sebagian besar energi yang digunakan rakyat Indonesia saat ini berasal dari bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas dan batu bara. Dengan adanya kebijakan pemerintah untuk melakukan penghematan energi, maka perlu dilakukan pencarian sumber energi yang ramah lingkungan dan terbarukan. Dewasa ini isu krisis energi terus berkembang, dimana dibutuhkan energi yang terbarukan yang bisa menggantikan energi dari fosil yang menurut perkiraan akan segera habis sehingga apabila tidak ada energi yang terbarukan maka manusia akan kekurangan energi.

Air merupakan salah satu sumber energi yang dapat diperbarui dan dikembangkan untuk menghasilkan energi listrik. Salah satu jenis pembangkit listrik yang bersumber dari air yang mulai banyak dikembangkan adalah *Pico hydro*. *Pico hydro* merupakan salah satu jenis alat untuk mengkonversi energi dari air menjadi energi listrik yang bisa diperbarui terutama untuk daya skala kurang dari 5 kW. Pembangkit listrik tenaga air dapat dibedakan sesuai dengan daya yang dihasilkan. Tabel 1 memperlihatkan klasifikasi pembangkit listrik tenaga air dilihat dari daya yang dihasilkan.

Tabel 1. Klasifikasi pembangkit listrik tenaga air dilihat dari daya yang dihasilkan [1]

<i>No</i>	<i>Tipe</i>	<i>Daya</i>
1	Besar	>100 MW
2	Medium	10-100 MW
3	Kecil	1-10 MW
4	Mini	100KW – 1 MW
5	Micro	5 – 100 MW
6	Pico	<5 KW

Bagian terpenting pada perancangan turbin air adalah desain *blade* (sudu). Sudu berfungsi menangkap energi yang dimiliki air (dalam bentuk *energy kinetic*). Beberapa jenis blade dengan penggunaannya masing – masing diantaranya adalah *propeller*, *crossflow*, pelton dan turgo. Desain tiap sudu disesuaikan dengan kondisi tertentu seperti tampak pada gambar 1.

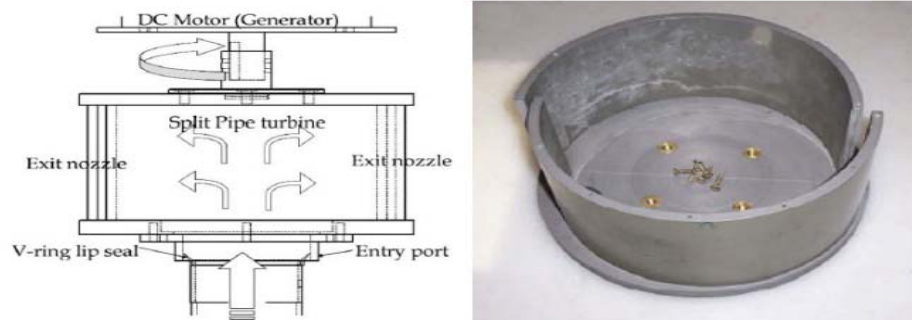


Gambar 1. Jenis-jenis turbin [1]

Crossflow digunakan pada aliran air dengan head menengah. Secara umum, turbin jenis *crossflow* terdiri dari pengarah aliran, shaft, dan sudu. Aliran air yang masuk pada turbin diatur untuk mendapatkan debit air tertentu dan sudut serang. Kelebihan turbin tipe ini adalah efisiensinya yang tinggi karena dalam proses penyerapan energi air dilakukan dua kali. Air yang pertama kali masuk turbin akan diserap tenaganya oleh sudu bagian atas kemudian melalui rongga dalam turbin. Pada saluran keluar, air sekali lagi melewati sudu sehingga energi yang masih terkandung dalam air diserap untuk kedua kalinya.

Makalah ini bertujuan untuk mendesain dan mensimulasikan turbin jenis *crossflow* dengan sudu berjumlah 18. Diharapkan dari simulasi akan didapatkan rekomendasi desain turbin *crossflow*, berdaya optimal sebagai pembangkit listrik picohydro dengan kecepatan aliran air yang rendah.

Date dan Akbarzadeh [2] membuat turbin reaksi dengan bahan pipa PVC. Prototype ini diuji pada *head* 2m – 5m, kecepatan aliran 10L/s sampai 28L/s. Daya yang dihasilkan adalah 100W – 500W dengan efisiensi 52% - 56%.



Gambar 2. Prototipe Turbin Reaksi [2]

Razak [3] telah mendisain, membuat, dan mencoba turbin *crossflow* untuk *low head* di Universitas Kebangsaan Malaysia yang dapat menghasilkan 100W dengan head 1.2 m dan *flow rate* 20L/s. Sistem ini menggunakan perbandingan transmisi 12:108 untuk menghubungkan turbin dan generator. Diameter silinder turbin *crossflow* 450 mm dan panjang 300 mm.

Department of Civil Engineering at the Indian Institute of Science in Bangalore membuat *Picohydro* untuk *low head* yang menghasilkan daya 5 kW dengan efisiensi 67% yang beroperasi pada kecepatan 850 rpm dan head 5 m. Kelemahan dari desain ini adalah proses manufaktur yang kompleks karena sudu dengan bentuk *helic* dan dimensi yang tidak standar [4].

Khomsah dan Efrita [5] meneliti daya yang dihasilkan dari turbin *crossflow* menggunakan generator induksi 3 fase dengan *output* satu fase, yang terhubung dengan rangkaian kapasitor C-2C. Tujuan dalam penelitian ini adalah mendapatkan kapasitor yang sesuai dengan kondisi beban dan kaitannya dengan karakteristik aliran airnya.

Rochani [6] meneliti turbin *crossflow* dengan ukuran antara lain diameter luar 0,1164 m, diameter dalam 0,0768 m, panjang runner: 0,09 m, jumlah sudu 16 buah dan jari-jari sudu 0,019 m, memiliki efisiensi optimum turbin sebesar 48,44 % pada debit 0,0036 m³/s.

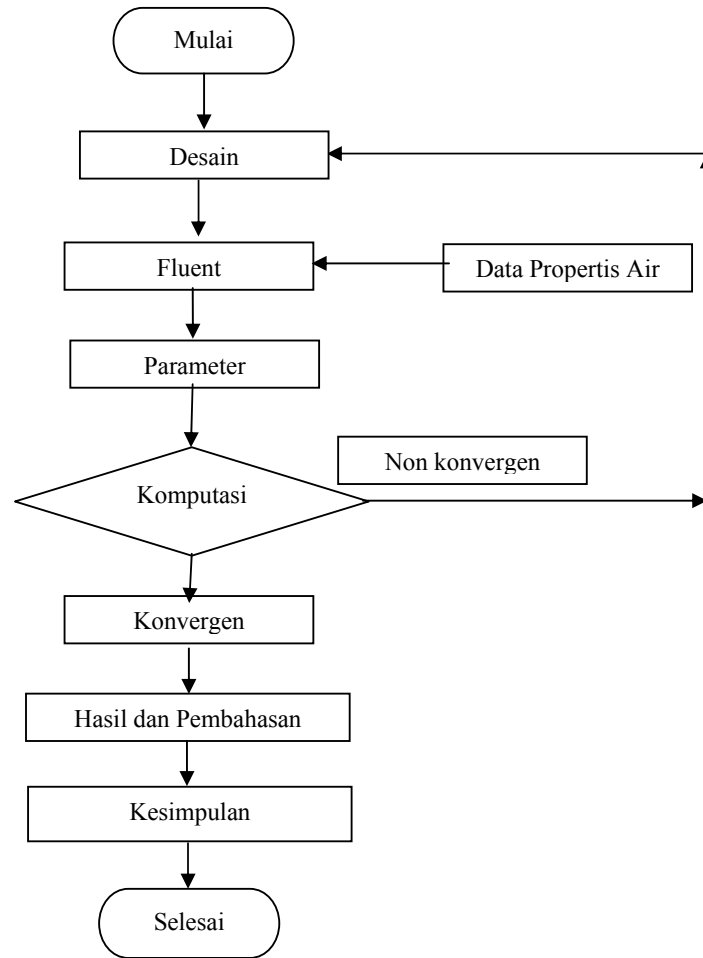


Gambar 3. Skema Model Turbin *Crossflow*

Gambar 3 menunjukkan skema model dari turbin *crossflow* yang digunakan penelitian oleh Zao, et.al [7]. Kitahora [8] juga menggunakan skema model turbin *crossflow* yang sama. Tirono [9] melakukan penelitian dengan mensimulasi turbin *crossflow* untuk penampang aliran terbuka bentuk persegi, setengah lingkaran dan trapesium dengan jumlah sudu 12. Didapatkan jumlah putaran sebesar 2074 rpm, dengan daya turbin 260.672 kW dan efisiensi sebesar 84%.

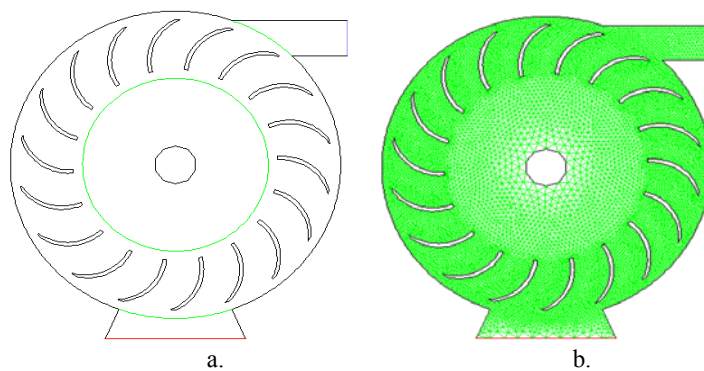
2. METODOLOGI PENELITIAN

Alur metodologi penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Alur Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan menggunakan perangkat lunak untuk mensimulasikan aliran air pada turbin *crossflow*. Perangkat lunak yang digunakan untuk software desain. Desain berupa gambar 2D dari turbin *crossflow*. Desain turbin *crossflow* dapat dilihat pada gambar 5a, terdiri dari dinding luar dan dalam, inlet, outlet dan sudu. Gambar 5b menunjukkan desain turbin *crossflow* yang telah dimeshing terhadap area *inlet*, *outlet*, fluida yang berputar dan pembatas dinding maupun sudu. Simulasi dilakukan menggunakan software CFD *Fluent*. Tabel 2 menunjukkan dimensi dari turbin *crossflow* yang akan disimulasikan, sedangkan table 3 menunjukkan parameter yang diatur pada simulasi CFD *Fluent*.



Gambar 5. Desain (a) dan Meshing (b) Turbin Crossflow

Tabel 2. Dimensi turbin *crossflow*

No	Nama Bagian	Ukuran
1	Diameter rumah turbin	0,24 m
2	Diameter dalam	0,135 m
3	Diameter poros	0,03 m
4	Diameter inlet	0,04 m
5	Diameter outlet	0,08 m
6	Jumlah sudu	18 buah

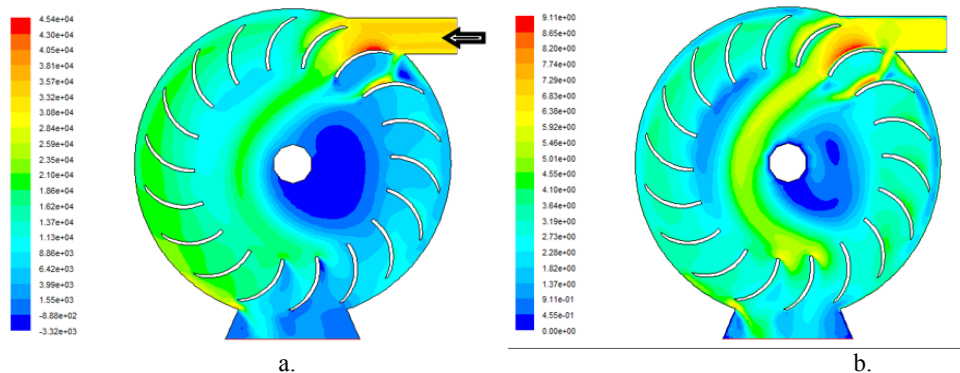
Tabel 3. Parameter simulasi CFD Fluent

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	<i>Equisize skew</i>	0-1	
2	<i>Aspect ratio</i>	1-3	
3	<i>Number swapped</i>	0	
3	<i>Fluida inlet:</i>		
	a. Massa jenis air	998,2	kg/m ³
	b. Viskositas air	1,003x10 ⁻³	kg/m.s
	c. <i>Turbulent intensity</i>	5%	
	d. <i>Hydraulic diameter</i>	0,04	m
4	<i>Fluida outlet:</i>		
	a. <i>Turbulent intensity</i>	5%	
	b. <i>Hydraulic diameter</i>	0,08	m

Sudu turbin berjumlah 18 diatur sebagai *wall* dengan parameter *moving wall* yang *relative to adjacent cell zone* dan bergerak secara *rotational*. Selain itu area di sekitar sudu dibuat menjadi *fluida rotate* dengan kondisi *moving reference frame*. Iterasi mengalami *convergen* pada siklus ke 218.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

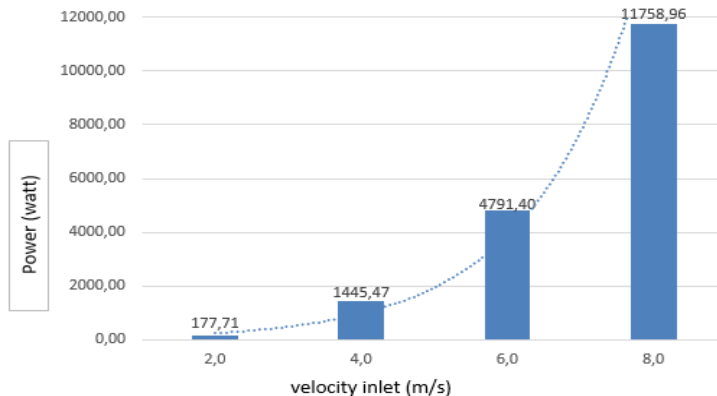
Secara umum hasil simulasi dapat dilihat pada gambar 6. Fluida masuk mengenai sudu, menyebabkan sudu bergerak dengan arah gerak berlawanan arah jarum jam. Selanjutnya terdapat fluida yang bergerak di sebelah kanan *shaft* menuju *outlet*, tetapi sebelum keluar fluida mengenai sudu lagi, baru keluar lewat *outlet*. Tekanan maksimal terjadi pada bagian punggung sudu sebesar 4.54e+04 Pa (gambar 6a). Hal ini terjadi karena adanya tumbukan secara langsung antara aliran fluida masuk dan sudu, dimana sudu diatur dalam kondisi *moving wall* dengan kecepatan awal 0 rad/s atau dalam kondisi diam. Sehingga gerakan berputarnya sudu adalah sebagai reaksi adanya aliran fluida. Tekanan minimal terjadi pada area di bawah *shaft* dengan tekanan minimal sebesar -3.32e+03. Hal ini terjadi karena area tersebut terlindungi oleh *shaft*, sehingga area tersebut sangat sedikit teraliri fluida.



Gambar 6. Hasil CFD Fluent; a. *Countour* Dari *Total Pressure* (pascal), dan b. *Velocity Magnitude* (m/s)

Aliran fluida mengenai sudu 2 kali, yaitu sudu di bagian dekat pipa masuk fluida dan di sudu dekat dengan bagian *outlet*. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan putaran sudu. Gambar 6b menunjukkan kecepatan maksimal terjadi pada sudu yang terletak di area *inlet* dengan kecepatan fluida sebesar 9.11

m/s. Kecepatan rata-rata fluida dibagian *inlet* sebesar 5.95 m/s, dibagian fluida berputar sebesar 3.21 m/s dan dibagian *outlet* sebesar 2.1 m/s.



Gambar 7. Hubungan Velocity Inlet Dengan Daya Yang Dihasilkan

Gambar 7 menunjukkan bahwa secara umum semakin cepat aliran air, maka akan didapatkan daya yang semakin meningkat. Dimana pada kecepatan 2 m/s daya yang dihasilkan sebesar 177,71 Watt, sedangkan pada kecepatan 8 m/s menghasilkan daya sebesar 11758,96 Watt. Pembangkit listrik *Picohydro* dalam simulasi ini disarankan menggunakan kecepatan *inlet* sebesar 6 m/s dengan daya yang dihasilkan sebesar 4,7914 kW.

4. KESIMPULAN

Jenis turbin yang didesain adalah model turbin *crossflow* dengan sudu sebanyak 18 buah, diameter rumah turbin sebesar 0,24 m, diameter pipa *inlet* 0,4 m dan lebar *outlet* 0,8 m. Pembangkit listrik *Picohydro* yang dirancang menghasilkan rekomendasi desain dengan kecepatan aliran air sebesar 6 m/s, kecepatan rotasi sudu 16,5 rad/s atau sebesar 157,563 rpm dengan daya maksimal sebesar 4,791 kW.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Williamson, S., Stark, B. H., & Booker, J. D. (2011). Low head pico hydro off-grid networks. In *Proceedings of the EWB-UK national research & education conference* (pp. 33-8).
- [2] Date, A., & Akbarzadeh, A. (2009). Design and cost analysis of low head simple reaction hydro turbine for remote area power supply. *Renewable Energy*, 34(2), 409-415.
- [3] Razak, J. A., Ali, Y., Alghoul, M., Zainol, M. S., Zaharim, A., & Sopian, K. (2010). Application of crossflow turbine in off-grid pico hydro renewable energy system. *Proceeding of the American-Math*, 10, 519-526.
- [4] Rao, G. J., Prasad, R., & Rao, J. K. S. (1988). Investigation of an axial flow runner for micro hydro power development. In *Proceedings of 8th fluid machinery conference, Budapest, Hungary* (pp. 616-23).
- [5] Khomsah Ali dan Efrita Arfah Zuliari. (2015). *Analisa Teori : Performa Turbin Cross Flow Sudu Bambu 5" sebagai Penggerak Mula Generator Induksi 3 Fasa*. Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya. ISBN 978-602-98569-1-0.
- [6] Rochani, I. (2013). Rancang Bangun Model Turbin Crossflow sebagai Penggerak Mula Generator Listrik Memanfaatkan Potensi Pikohidro. *Eksergi*, 9(2).
- [7] Zhao, L. (2002). *A study on the proposal of ecologically practical micro hydropower system and performance improvement* (Doctoral dissertation, Doctoral Dissertation of Yokohama National University, Yokohama, Japan).
- [8] Kitahora, T. (1997). Application of Cross-Flow Hydro Turbine to Low Head. *Turbomachinery(TSJ)*, 25(4), 200-204.
- [9] Tirono, M. (2012). Pemodelan Turbin Cross-Flow Untuk Diaplikasikan Pada Sumber Air Dengan Tinggi Jatuh dan Debit Kecil. *Jurnal Neutrino*.