

CROSS-FLOW TURBINE PROTOTYPE PERFORMANCE

Mafruddin^{1*}, Dwi Irawan¹ dan Ahmad Malik²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

²Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Metro

* Corresponding author: mafruddin.mawon@yahoo.com

Abstract. *Cross-flow* turbine is a type of implus turbine that is commonly used in air power plants. The advantage of *Cross-flow* turbine is that it can be applied to low discharge and head. One of the factors that influence the performance of *Cross-flow* turbines is the blade runner of the turbine. The purpose of this study is to study the variations of runner blade radius on the performance of the *Cross-flow* turbine. The research method used is experimental research with planning, manufacturing and testing of prototype *Cross-flow* turbines. The prototype specifications of the *Cross-flow* turbine are outer diameter of runner 0.15 m, inner diameter of 0.10 m, distance between blades of 0.025 m, thickness of bursts of nozzle 0.012 m and number of blades 18. Variation of radius of cross-flow turbine runner blades is 0.025 m, 0.030 m and 0.035 m. Testing of *Cross-flow* turbine prototypes using with 47 LPM discharge. From the results of the study note that runner blade radius is proven to resist the rotation and efficiency of the *Cross-flow* turbine. Maximum maximum *Cross-flow* turbine is 250 rpm with 0.035 m blade, while 0.025 m blade has 230 rpm turbine rotation and 0.030 m blade is 240 rpm. Maximum *Cross-flow* turbine efficiency of 80% is obtained with a blades of 0.035 m, whereas with a blades of 0.025 m turbine efficiency is 73% and turbine radii of 0.30 m turbine efficiency is 77%.

Abstrak. Turbin *Cross-flow* merupakan jenis turbin implus yang umum digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air. Kelebihan dari turbin *Cross-flow* yaitu dapat diaplikasikan pada debit dan *head* yang rendah. Salah satu faktor yang mempengaruhi kinerja turbin *Cross-flow* yaitu sudu (*blade*) runner turbin. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui variasi jari-jari sudu *runner* terhadap kinerja turbin *Cross-flow*. Metode penelitian yang dilakukan yaitu eksperimen nyata dengan melakukan perencanaan, pembuatan dan pengujian prototipe turbin *Cross-flow*. Spesifikasi prototipe turbin *Cross-flow* yaitu diameter luar *runner* 0,15 m, diameter dalam 0,10 m, jarak antar sudu 0,025 m, ketebalan semburan nosel 0,012 m dan jumlah sudu 18. Variasi jari-jari sudu *runner* turbin *Cross-flow* yaitu 0,025 m, 0,030 m dan 0,035 m. Pengujian prototipe turbin *Cross-flow* menggunakan dengan debit 47 LPM. Dari hasil penelitian diketahui bahwa jari-jari sudu *runner* berpengaruh terhadap putaran dan efisiensi turbin *Cross-flow*. Putaran maksimal turbin *Cross-flow* yaitu 250 rpm dengan jari-jari sudu 0,035 m, sedangkan jari-jari sudu 0,025 m putaran turbin 230 rpm dan jari-jari sudu 0,030 m yaitu 240 rpm. Efisiensi turbin *Cross-flow* maksimal sebesar 80 % diperoleh dengan jari-jari sudu 0,035 m, sedangkan dengan jari-jari sudu 0,025 m efisiensi turbin yaitu 73 % dan jari-jari sudu 0,30 m efisiensi turbin yaitu 77 %.

Kata Kunci: Jari-jari sudu *runner*, Kinerja, Turbin *Cross-flow*.

© 2019. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang mempunyai potensi sumber daya air sebagai PLTA yang cukup besar. Maka dari itu pemerintah menargetkan pemanfaatan energi air mencapai 4% dari penggunaan energi nasional pada tahun 2025. Untuk mencapai target tersebut maka diperlukan suatu jenis turbin air yang mempunyai kinerja yang baik. Jenis turbin yang dapat digunakan dalam PLTA yaitu turbin *Cross-flow*. Turbin *Cross-flow* merupakan jenis turbin implus yang umum digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air. Kelebihan dari turbin *Cross-flow* yaitu dapat

diaplikasikan pada debit dan *head* yang rendah. Turbin *Cross-flow* terdiri dari dua bagian utama yaitu nosel dan *runner*. *Runner* terdiri dari susunan sudu (*blade*) yang berfungsi menerima momentum dari air. Pemanfaatan energi air dalam turbin *Cross-flow* terjadi sebanyak dua tahap yaitu ketika air masuk turbin dan sebelum keluar dari turbin. Sehingga desain sudu *runner* yang kurang tepat akan mempengaruhi arah aliran air yang masuk pada tahap kedua. Jika arah aliran yang masuk pada tahap kedua kurang tepat akan berpengaruh terhadap kinerja turbin *Cross-flow*.

Mockmore dan Merryfield (1949) merupakan peneliti yang memperkenalkan turbin *Cross-flow* dan melakukan penelitian serta mengembangkan dasar teoritis tentang turbin *Cross-flow*. Dari hasil penelitian diperoleh efisiensi maksimal turbin yaitu 68% [1].

Pada tahun 2013 Roy Hadiyanto dan Fauzi Bakri melakukan penelitian tentang prototipe turbin *Cross-flow* dengan dimensi panjang dan diameter turbin sebesar 2.5 inch serta terdiri dari 20 sudu. Dari hasil pengujian diperoleh Efisiensi terbesar 5.24 % didapatkan pada saat menggunakan ketinggian pipa 100 cm, dengan output arus maksimum sebesar 114.7 mA menggunakan resistansi 330 Ω dan tegangan maksimum sebesar 5.94V [2].

Choi, et al. 2008, melakukan penelitian secara numerik (CFD) untuk mengetahui pengaruh dari konfigurasi struktural turbin pada kinerja dan karakteristik aliran internal pada jenis turbin *Cross-flow* dengan variasi bentuk dari nosel, sudut inlet *runner*, sudut sudu *runner* dan jumlah sudu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentuk nosel, sudut sudu *runner* dan jumlah sudu sangat berpengaruh terhadap kinerja dan bentuk aliran fluida didalam turbin [3].

Pada tahun 1998, Olgun melakukan penelitian secara eksperimental untuk mengetahui pengaruh dari beberapa parameter geometrik turbin seperti *runner* dan nosel terhadap efisiensi turbin *Cross-flow*. Penelitian dilakukan dengan variasi rasio atau perbandingan diameter dalam dan diameter luar *runner* dan melakukan variasi bukaan *guide* pada dua nosel turbin yang berbeda serta pada *head* yang berbeda. Variasi rasio atau perbandingan diameter dalam dan luar (D_2/D_1) yaitu 0,54, 0,58, 0,67 dan 0,75 dengan jumlah sudu 28. Variasi bukaan *guide* pada nosel 2/7, 3/7, 4/7, 5/7, 6/7 dan bukaan penuh. Variasi *head* yang digunakan yaitu 8, 15, 20, 25, dan 30 m. Sedangkan jenis nosel yang digunakan termasuk ke dalam jenis nosel horisontal dengan dua variasi yaitu nosel dengan pengarah (*guide vane*) dan nosel tanpa pengarah (*guide vane*). Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa turbin *Cross-flow* dapat dioperasikan secara efisien dalam aplikasi yang lebih luas pada bukaan *guide*. efisiensi terbaik diperoleh dengan rasio atau perbandingan diameter dalam dan diameter luar (D_2/D_1) 0,67. Sedangkan untuk bentuk nosel dengan pengarah (*guide vane*) memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan nosel tanpa pengarah. Dalam penelitian ini sudut sudu atau sudut air yang masuk ke dalam *runner* yaitu sebesar 30°, efisiensi terbaik yang diperoleh yaitu sebesar 0,72 dan belum divariasikan [4].

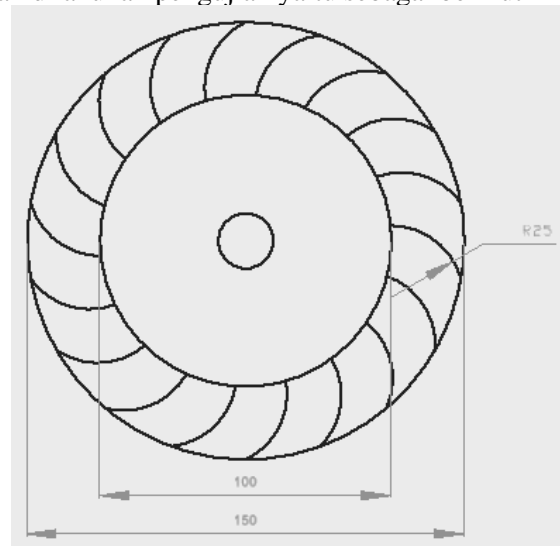
Pada tahun 2014 Rajab Yassen melakukan penelitian tentang turbin *Cross-flow* dengan menggunakan CFD untuk meningkatkan kinerja turbin *Cross-flow*. Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah sudu, sudut nosel, rasio diameter dalam dan diameter luar, profil nosel, profil sudu, lebar busur semburan nosel. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat aliran yang sangat kompleks dan memberikan wawasan yang sangat baik untuk parameter optimasi struktur aliran dan kinerja turbin [5].

Berdasarkan penelitian sebelumnya dapat diketahui bahwa desain sudu *runner* turbin berpengaruh terhadap kinerja turbin *Cross-flow*. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian tentang desain sudu *runner* turbin *Cross-flow*. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui variasi jari-jari sudu *runner* terhadap kinerja turbin *Cross-flow*.

Metode Penelitian

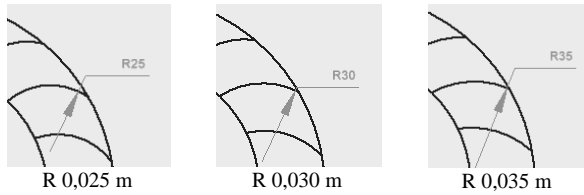
Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro. Metode penelitian yang dilakukan yaitu eksperimen nyata (*true experimental research*) dengan variasi jari-jari sudu *runner* turbin yaitu 0,025 m, 0,030 m dan 0,035 m. Metode penelitian meliputi perencanaan desain turbin, pembuatan prototipe turbin, sampai dengan mengujian turbin. Pengujian kinerja turbin dilakukan dengan metode pengereman menggunakan rem tipe cakram (*Disc Brake*) untuk mengetahui torsi yang dihasilkan turbin. Daya air yang digunakan dalam penelitian dihasilkan dari pompa air dengan debit 47 LPM.

Desain *runner* turbin *Cross-flow* yang dibuat dan dilakukan pengujian yaitu sebagai berikut



Gambar 1. *Runner* turbin *Cross-flow* (satuan mm).

Variasi jari-jari sudu dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 2. Variasi jari-jari sudu runner

Parameter dimensi turbin *Cross-flow* yang dibuat dan diuji yaitu seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Dimensi turbin *Cross-flow*

No.	Parameter	Nilai
1	Diameter luar	0,15 m
2	Diameter dalam	0,1 m
3	Lebar sudu	0,06 m
4	Jarak antar sudu	0,025 m
5	Jumlah sudu	18
6	Tebal nosel	0,012 m

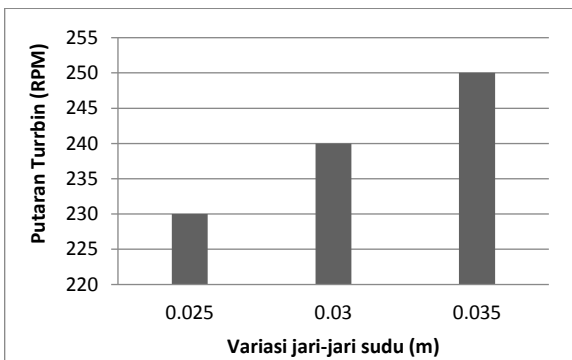
Hasil dan Pembahasan

Hasil pembuatan instalasi prototipe turbin *Cross-flow* dijelaskan pada gambar berikut.



Gambar 3. Instalasi prototipe turbin *Cross-flow*

Berdasarkan hasil pengujian putaran turbin maksimal atau tanpa beban dengan variasi jari-jari sudu runner turbin *Cross-flow* diperoleh hasil seperti pada grafik berikut ini.

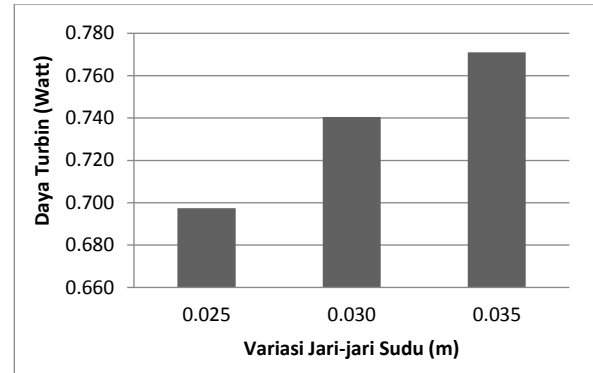


Gambar 4. variasi jari-jari sudu terhadap putaran turbin

Berdasarkan Gambar 4. Variasi jari-jari sudu terhadap putaran turbin dapat diketahui bahwa variasi jari-jari sudu runner turbin berpengaruh

terhadap putaran turbin *Cross-flow*. Putaran turbin maksimal diperoleh dengan jari-jari sudu runner 0,035 m yaitu 250 rpm, sedangkan dengan jari-jari sudu runner 0,025 m putaran turbin yaitu 230 rpm dan jari-jari sudu runner 0,030 m putaran turbin yaitu 240 rpm.

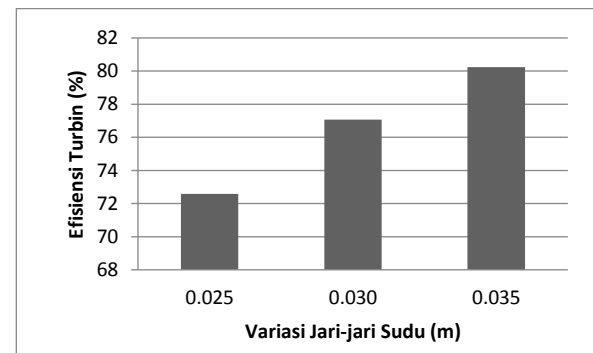
Hasil pengujian daya maksimal turbin dengan variasi jari-jari sudu runner yaitu sebagai berikut.



Gambar 5. Pengaruh jari-jari sudu terhadap daya turbin

Dari Gambar 5. Pengaruh variasi jari-jari sudu terhadap daya turbin dapat diketahui bahwa variasi jari-jari sudu runner berpengaruh terhadap daya maksimal yang dihasilkan turbin. Daya turbin maksimal diperoleh dengan jari-jari sudu runner 0,035 m yaitu 0,771 watt. Sedangkan daya turbin dengan jari-jari sudu runner 0,025 m yaitu 0,697 watt dan daya turbin dengan jari-jari sudu runner 0,030 m yaitu 0,741 watt.

Grafik berikut ini menjelaskan pengaruh variasi jari-jari sudu runner terhadap efisiensi turbin *Cross-flow*.



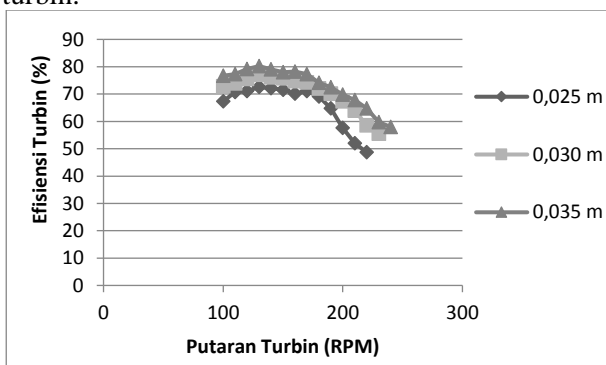
Gambar 6. Variasi jari-jari sudu terhadap efisiensi turbin

Dari Gambar 6. Variasi jari-jari sudu terhadap efisiensi turbin dapat diketahui bahwa jari-jari sudu berpengaruh terhadap efisiensi turbin *Cross-flow*. Efisiensi turbin maksimal diperoleh dengan jari-jari sudu runner 0,035 m yaitu 80 %. Sedangkan efisiensi turbin dengan jari-jari sudu runner 0,025 m yaitu 73 % dan efisiensi turbin dengan jari-jari sudu runner 0,030 m yaitu 77%.

Pemanfaatan daya air dalam turbin *Cross-flow* dilakukan dalam dua tahap yaitu tahap masuk dan

keluar. Pemanfaatan daya air pada tahap kedua dipengaruhi arah aliran air yang keluar dari tahap pertama sehingga desain sudu *runner* berpengaruh terhadap kinerja turbin *Cross-flow*. Arah keluaran air pada tahap pertama dipengaruhi oleh desain sudu *runner* turbin salah satunya yaitu jari-jari sudu *runner*. Jika arah keluaran air pada tahap pertama tidak tepat maka pemanfaatan daya air pada tahap kedua tidak akan maksimal, bahkan sebaliknya pada tahap kedua tidak akan menghasilkan daya dorong tetapi akan membebani sehingga berpengaruh terhadap putaran, daya dan efisiensi turbin. Berdasarkan pengamatan pada saat pengujian terlihat bahwa air yang keluar dari tahap pertama dengan sudu *runner* 0,025 m dan 0,030 m ada sebagian aliran air yang mengenai bagian belakang sudu *runner* pada tahap kedua, fenomena ini terjadi ketika dilakukan pembebanan. Aliran air yang mengenai bagian belakang sudu *runner* tidak akan memberikan daya dorong tetapi akan membebani putaran turbin, hal ini yang menyebabkan efisiensi turbin menjadi lebih rendah seiring dengan meningkatnya beban.

Grafik berikut menjelaskan karakter efisiensi yang dihasilkan turbin *Cross-flow* dengan variasi jari-jari sudu *runner* turbin pada setiap putaran turbin.



Gambar 7. Pengaruh variasi jari-jari sudu terhadap karakter turbin

Dari Gambar 7. Pengaruh jari-jari sudu terhadap karakter turbin dapat diketahui bahwa efisiensi turbin berbeda-beda pada masing-masing putaran. Efisiensi maksimal turbin diperoleh pada putaran 130 rpm untuk ketiga variasi jari-jari sudu *runner* turbin. Semakin tinggi putaran turbin efisiensi turbin rendah hal ini terjadi karena daya air tidak termanfaatkan secara maksimal. Berdasarkan pengamatan pada saat pengujian diketahui bahwa pada putaran tinggi pemanfaatan daya air maksimal hanya terjadi pada tahap pertama. Kecepatan air yang keluar dari turbin masih cukup tinggi sehingga pemanfaatan pada tahap kedua tidak maksimal. Sedangkan pada putaran rendah efisiensi turbin juga menurun, hal ini terjadi karena pembebanan pada turbin berpengaruh terhadap arah aliran air yang keluar

pada tahap pertama. Semakin besar pembebanan pada turbin maka semakin besar aliran air yang keluar dari tahap pertama mengenai bagian belakang sudu *runner* pada tahap kedua.

Perencanaan dimensi turbin *Cross-flow* dipengaruhi oleh debit air dan *head*. Pada penelitian ini debit air yang digunakan untuk pengujian berbeda dengan debit air yang digunakan dalam perencanaan turbin. Sehingga perlu dilakukan pengujian turbin dengan variasi debit air serta *head* yang berbeda.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian diketahui bahwa jari-jari sudu *runner* berpengaruh terhadap putaran dan efisiensi turbin *Cross-flow*. Putaran maksimal turbin *Cross-flow* yaitu 250 rpm diperoleh dengan jari-jari sudu *runner* 0,035 m, sedangkan jari-jari sudu *runner* 0,025 m putaran turbin 230 rpm dan jari-jari sudu *runner* 0,030 m putaran turbin yaitu 240 rpm. Efisiensi turbin *Cross-flow* maksimal sebesar 80 % diperoleh dengan jari-jari sudu *runner* 0,035 m, sedangkan dengan jari-jari sudu *runner* 0,025 m efisiensi turbin yaitu 73 % dan jari-jari sudu *runner* 0,30 m efisiensi turbin yaitu 77 %.

Penghargaan

Ucapan terima kasih diberikan kepada seluruh jajaran staf Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Metro yang telah membantu penulis dalam melakukan penelitian ini dan kepada semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Referensi

- [1] Mockmor, C.A. and Merryfield, F. 1984. "The Banki Water Turbin", Oregon State College, Bulletin Series, No.25.
- [2] Hadiyanto, R. dan Bakri, F. Rancang Bangun Prototipe Portable Mikro Hydro Menggunakan Turbin Tipe Cross Flow. Seminar Nasional Fisika Universitas Negeri Jakarta, 1 Juni 2013.
- [3] Choi, Y.D., et all., 2008. Performance and internal flow characteristics of a cross-flow hydro turbine by the shapes of nosel and runner blade. Journal of fluid science and technology (Vol. 3 No. 3).
- [4] Olgun, H. 1998. Investigation of the performance of a cross-flow turbine. International journal of energy research, (22,953-964).
- [5] Yassen, S. R. (2014). Optimization of the Performance of Micro Hydro-Turbines for Electricity Generation.