

OPTIMASI KINERJA TURBIN CROSS FLOW DENGAN TIGA NOSSEL

Corvis L Rantererung¹⁾, Titus Tandiseno², Mika Mallisa³⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

²⁾ Dosen Jurusan Akuntansi, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

ABSTRACT

Turbine Cross Flow optimization is carried out using three nozzles to emit and direct jets of water to the turbine runner. The test is carried out in the laboratory by testing the turbine performance in the form of rotation, turbine power and work efficiency of cross flow turbine. This turbine testing research has been carried out by utilizing potential energy and water pressure energy to be converted into kinetic energy in the nozzle and then converted into mechanical energy in the turbine to produce turbine power. Optimization of cross flow turbine performance with three nozzles shows that there is an increase in turbine rotation, power and turbine efficiency compared to previous studies that only used one nozzle. This happens because of the spray of water from the nozzle with a high speed that is more directed, evenly distributed and more stable to drive the turbine blades, so as to produce optimum turbine performance, turbine rotation is 633 rpm, turbine power is 4.3021 Watt and turbine efficiency is 79.73%.

Keywords: Optimization, Crossflow Turbine, Three Nozzles

1. PENDAHULUAN

Energi air sangat baik dimanfaatkan menjadi sumber energi pembangkit listrik secara optimal dari energi potensial dan energi kinetik air. Energi listrik merupakan salah satu faktor utama dalam menunjang perkembangan nasional dengan adanya peningkatan jumlah penduduk dan aktivitas industri yang menyebabkan meningkatnya konsumsi energi. Pertambahan kebutuhan energi untuk keperluan produksi dan pembangkitan listrik yang lebih efisien untuk dapat memenuhi kebutuhan listrik di daerah tertinggal. Perubahan energi air adalah membutuhkan peralatan mekanis berupa turbin cross flow [1]. Energi potensial air sangat dipengaruhi oleh tinggi jatuh air dan energi kinetik sangat bergantung dengan kecepatan aliran air. Turbin Cross flow merupakan turbin impuls, yaitu turbin yang digerakkan oleh energi kinetik air. Semprotan (jet) air yang berkecepatan tinggi menggerakkan sudu turbin pada runner sehingga energi air diserap oleh runner. Tekanan air masuk dan keluar sudu adalah tekanan atmosfer [2]. Turbin cross flow merupakan turbin impuls yang sangat baik. Turbin ini mampu dioperasikan dengan satu atau lebih nozzle, air memasuki sudu runner turbin. Tenaga berasal dari gaya air dari tekanan tinggi yang menumbuk sudu-sudu turbin sehingga dinamai impuls turbin [3]. Saat ini turbin cross flow menjadi perhatian banyak praktisi dimanfaatkan pada range debit dan head yang lebih luas dengan konstruksi yang sederhana dan ekonomis. Penggunaan turbin ini sangat menghemat biaya pembuatannya dari dari pada kincir air, karena ukuran turbin cross flow lebih kecil [4]-[6]. Turbin air cross flow adalah sangat baik untuk merubah energi potensial dan kinetik air menjadi enaga mekanis. Turbin terdiri dari deretan sudu sudu yang berputar (rotor) dan sudu-sudu yang tidak berputar (stator). Pemanfaatan kecepatan aliran air sebagai penggerak turbin impuls dengan adanya gaya reaksi aliran air masuk dan meninggalkan sudu-sudu rotor. Putaran turbin terjadi pada saat kecepatan air membentur sudu-sudu rotor dan rotor bergerak putar, sudu rotor menyebabkan terjadinya gaya reaksi yang menghasilkan tenaga. Penelitian ini dilakukan untuk menerapkan dan menguji optimasi kinerja turbin cross flow oleh turbin cross flow multi nozzle. [7]

Turbin air pertama ditemukan agar dapat digunakan untuk menghasilkan energi mekanis sebagai penggerak generator listrik [8]. Sekarang paling umum dipakai untuk penggerak generator listrik dan dimanfaatkan secara luas sebagai sumber energi yang dapat diperbaharukan. Turbin air merupakan peralatan utama sebagai sebuah mesin berputar yang mengambil energi dari gerakan aliran fluida. Turbin sederhana memiliki satu bagian yang bergerak, fluida yang menggerakkan sudu runner berputar dan menghasilkan energi mekanis untuk menggerakkan rotor. Perkembangan turbin membutuhkan jangka waktu yang cukup lama, dalam waktu revolusi industri menggunakan metode dan prinsip ilmiah. Perbedaan dasar antara turbin air awal dengan kincir air adalah komponen putaran air yang memberikan energi pada poros yang berputar dan memungkinkan turbin dapat memberikan daya yang lebih besar dengan komponen lebih kecil dengan putaran lebih cepat yang memanfaatkan head jatuh air yang lebih tinggi.

¹ Korespondensi penulis: Corvis L Rantererung, Telp 085250626271, corvisrante@yahoo.com, corvis@ukipaulus.ac.id

Bagian-bagian turbin tersebut antara lain : (1)Rotor yaitu bagian yang berputar pada sistem yang terdiri dari sudu-sudu berfungsi untuk menerima beban pancaran yang disemprotkan oleh nozzle.Poros berfungsi untuk meneruskan tenaga berupa gerak putar yang dihasilkan oleh sudu. (2).Bantalan berfungsi sebagai dudukan poros dengan tujuan agar tidak mengalami keausan komponen rotot dan stator pada sistem. (3).Stator yaitu bagian yang diam pada sistem yang terdiri daripada pengarah/nozzle berfungsi untuk meneruskan aliran fluida sehingga tekanan dan kecepatan alir fluida yang digunakan di dalam sistem besar rumah turbin berfungsi sebagai rumah kedudukan komponen komponen yang ada.

Berdasarkan perubahan momentum fluida kerjanya, turbin air dapat dibagi atas dua tipe yaitu (1). Turbin Reaksi adalah memanfaatkan energi potensial untuk menghasilkan energi gerak. Sudu pada turbin reaksi mempunyai profil khusus yang menyebabkan terjadinya penurunan tekanan air selama memalui sudu. Adapun jenis-jenis dari turbin reaksi antara lain: (a).Turbin Francis , (b).Turbin Francis, (c).Turbin Kaplan. (2).Turbin Impuls adalah energi potensial air diubah menjadi energi kinetik dengan nozel. Air keluar nozel dengan pancaran kecepatan tinggi membentur sudu turbin. Setelah membentur sudu arah kecepatan aliran berubah sehingga terjadi perubahan momentum (impuls). Akibat dari perubahan momentum roda turbin akan berputar. Turbin impuls memiliki tekanan yang sama karena aliran air yang keluar dari nosel tekanannya sama dengan tekanan atmosfir sekitarnya. Adapun jenis-jenis dari turbin impuls antara lain: (1) Turbin Pelton, (2). Turbin (3).Turgo dan (4). Turbin Cross Flow

Turbin Cross Flow adalah secara sederhana mengalir air melalui runner dan nossel turbin. Runner turbin terbentuk dari dua buah piringan sudu yang sejajar dihubungkan oleh susunan sudu yang melengkung Nossel turbin cross flow yang berfungsi mengarahkan aliran ke sudu pada runner. Nossel turbin memancarkan air masuk ke sudu-sudu runner, air melintasi dan menggerakkan sudu-sudu pada runner terjadi dua kali, pertama air masuk pada bagian depan atau bagian atas sudu-sudu turbin. Kemudian pada tahap kedua air keluar sudu tahap pertama dan mengalir melintasi ruang tengah ke sudu dibelakang dan bagian bawah runner, sehingga disebut turbin dua tingkat. Bagian air yang melintasi runner sebanyak dua kali dikenal sebagai cross-flow, dan nama turbin berasal dari fenomena ini. Ada sebagian besar dari debit air yang terikut dalam blade dan terlempar keluar dari runner pada saat berputar, ini disebut dengan *entrained flow*.

Kinerja turbin cross flow multi atau tiga nossel dapat dihitung dengan analisa sebagai berikut :

1). Daya Hidrolis adalah daya dihasilkan oleh aliran air mengalir dari suatu level ketinggian tertentu.

Besarnya debit air dan head masing-masing diperoleh dengan menggunakan alat ukur yang terpasang pada pipa. Head adalah energi yang dikandung oleh fluida persatuan berat fulida tersebut. Head diukur dengan menggunakan alat ukur tekanan (*pressure gauge*), dengan demikian dapat diperoleh besarnya head yaitu :

$$P_H = H.Q. \rho .g..... (1)$$

Keterangan : H = head (m) . Q = debit air (m3/s) , ρ = massa jenis air (kg/m3) ,
g = percepatan gravitasi (m/s²)

2).Daya Turbin adalah daya poros yang dihasilkan turbin *cross flow* dapat dihitung dengan persamaan :

$$P_T = \tau . \omega \text{ (Watt) } (2)$$

Keterangan : τ = besarnya torsi yang terjadi (Nm), ω = kecepatan sudut (rad/dt), F = beban atau gaya pada Turbin air (N), r = jari – jari pully (m), Sehingga torsi dapat dihitung sebagai berikut

$$\tau = F . r \text{ (Nm) } (3)$$

Kecepatan sudut (ω) dipengaruhi oleh besarnya putaran yang dihasilkan oleh turbin air *cross flow* , dapat dilhitung pada persamaan berikut :

$$\omega = \frac{2.\pi.n}{60} \left(\frac{rad}{dt} \right) (4)$$

Keterangan : ω = kecepatan sudut ($\frac{rad}{dt}$), π = 3,14, n = putaran poros turbin (rpm)

3).Efisiensi Turbin ialah dihasilkan turbin air *crossflow* sebagai perbandingan dengan daya dari turbin terhadap daya yang disuplai oleh air , dapat diperoleh :

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_A} 100\%.....(5)$$

Keterangan : η_T = Efisiensi dari turbin (%), P_T= Daya dari turbin (Watt), P_h = Daya dari air (Watt)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin UKI Paulus, dan waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2021. Pada penelitian ini digunakan 1). Mempersiapkan bahan alat, 2). Membuat komponen Turbin Cross flow tiga nozzle, 3). Memasang semua komponen dan instrumen penelitian, 4). Memasang Bak air sebagai penampung, dan mensuplai air masuk ke penstock turbin, 5). Menggunakan tiga pipa penstock untuk mengalirkan air ke nozzle turbin, 4). Nozzle adalah berfungsi untuk mengubah energi potensial air menjadi energi kinetis air dan memancarkan air ke sudu turbin, 6). *Flowmeter*, digunakan untuk mengukur kapasitas aliran air. 7). Tachometer untuk mengukur besarnya rotasi atau putaran turbin. 9). Pengambilan, pengumpulan dan menganalisa data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah menghasilkan unit turbin cross flow dengan menggunakan tiga nossel sebagai komponen utama untuk mengubah energi potensial dan tekanan air menjadi energi kinetis sebagai penggerak sudu-sudu runner turbin dengan instalasi pengujian dapat dilihat pada gambar 1 sebagai berikut



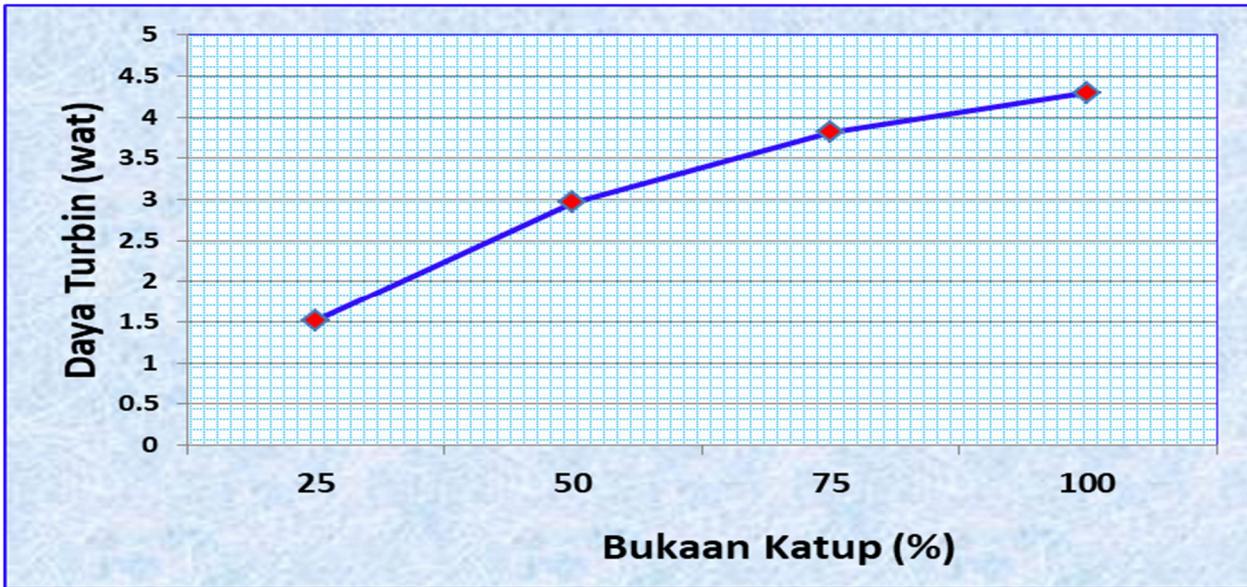
Gambar 1 Instalasi Pengujian Turbin Cross Flow 3 (tiga) Nossel

Setelah pengumpulan data hasil penelitian dan perhitungan kinerja turbin cross flow yang menggunakan tiga nossel maka hasilnya dapat ditunjukkan pada tabel 1 sebagai berikut:

Table 1. Data Hasil Penelitian

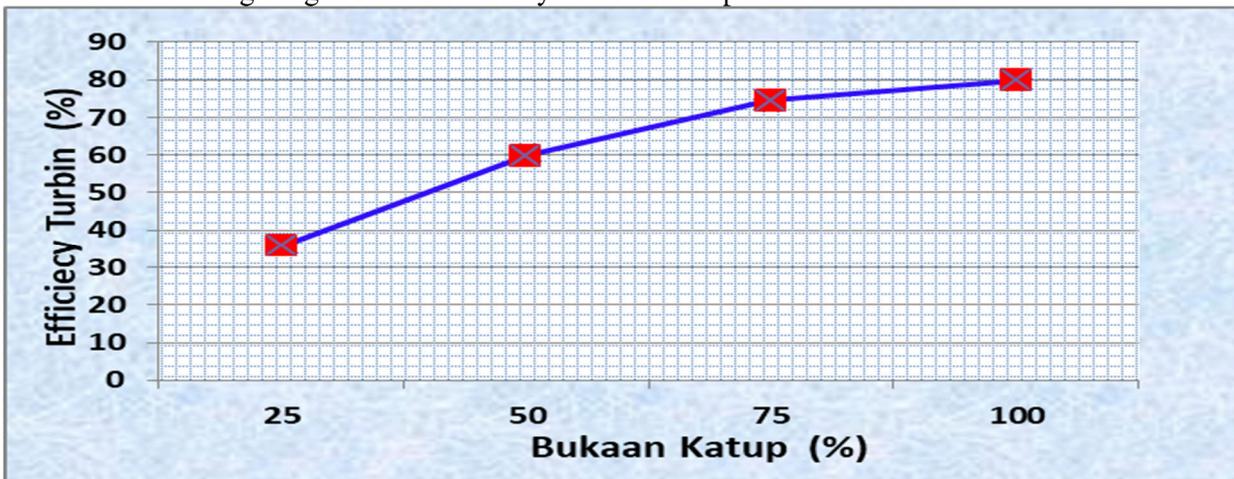
Bukaan Katup (%)	Head (m)	Debit Air $10^{-3}m^3/s$	Daya Air (Watt)	Putran (RPM)	Daya Turbin (Watt)	Eff (%)
25	1,5	2,9036	4.2512	234	1.5185	35.71
50	1,5	3,3903	4.9639	457	2.9656	59.74
75	1,5	3,5030	5.1289	589	3.952	77.05
100	1,5	3,6855	5.3961	633	4.3021	79.73

Turbin Cross Flow dengan tiga nozzle adalah dibuat dan dirakit dari material plat Arcrilik yang ringan dan transparan diproses menggunakan mesin produksi berdasarkan dimensi hasil yang direncanakan. Pemanfaatan turbin cross flow dengan menggunakan multi nozzle adalah diproses dengan menggunakan beberapa mesin produksi sesuai dengan dimensi hasil desain dan secara lengkap. Berdasarkan grafik Turbin Cross Flow sangat bergantung pada kondisi ketinggian jatuh air dan kapasitas aliran air. Pancaran air dari 3 nossel turbin diarahkan ke sudu-sudu turbin sehingga runner turbin bergerak menghasilkan daya mekanis turbin [1].



Gambar 2. Grafik hubungan Bukaan Katup dengan Daya Turbin

Pada gambar grafik hubungan pembukaan katup dengan daya turbin cross flow dengan tiga nosel menggambarkan bahwa semakin besar pembukaan katup maka semakin besar debit dan massa air masuk ke turbin sebagai penggerak sudu-sudu runner turbin [4]. Hal tersebut menyebabkan daya turbin dihasilkan semakin besar seiring dengan semakin besarnya debit atau kapasitas air masuk ke turbin.



Gambar 3. Grafik hubungan Bukaan Katup dengan Effisiensi Turbin

Pada gambar 2 dan 3 menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan turbin yang paling rendah yakni 1,5185 Watt dengan daya air masuk turbin yaitu 4,2512 Watt dengan efisiensi hanya 35,71 %, pada saat bukaan katup pipa penstock 25 % daya Turbin cross flow dengan 3 nosel paling optimum diperoleh pada bukaan Katup 100% sebesar 4,3021 Watt pada putaran turbin sebesar 633 rpm dengan daya air 5,3961 Watt dengan efisiensi 83,33 % . Sedangkan hasil penelitian oleh peneliti terdahulu yang juga menggunakan Turbin Cross Flow dengan nosel tunggal hanya memperoleh efisiensi maksimum 74,68% [5]. Hal ini terjadi karena debit air paling besar masuk turbin sehingga lebih besar energi air yang terserap pada sudu turbin cross flow dengan multi nosel yakni menggunakan tiga nosel (*water jet*). Kemudian besar kecilnya daya dan efisiensi turbin cross flow adalah sangat bergantung pada besar kecilnya kapasitas debit air menggerakkan susu runner turbin [6]. Energi mekanis yang dihasilkan turbin adalah dipengaruhi oleh besarnya penyerapan energi air yang dapat diubah menjadi daya turbin [7].

Keunikan dan keunggulan Turbin cross flow tiga nosel adalah adanya pancaran air yang terdistribusi merata menggerakkan sudu-sudu runner turbin dan tidak ada terjadi Kavitasasi dalam turbin cross flow [8]. Kemudian efisiensi turbin juga tergantung pada seberapa banyak energi potensial air diubah menjadi energi kinetik dalam tiga nozzle turbin air lintas aliran [9]. Air keluar dari nosel yang memiliki kecepatan sangat tinggi mengenai bilah turbin. Setelah mengenai arah sudu, kecepatan aliran berubah sehingga momentum berubah yang menyebabkan roda turbin berputar dan menghasilkan tenaga mekanis turbin air [10].

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian optimasi turbin cross flow dengan tiga nozzle adalah mampu menghasilkan kinerjanya lebih optimal dengan adanya peningkatan kinerja yaitu putaran poros turbin lebih stabil karena blade runner turbin lebih efektif dalam menyerap energi air dari tenaga air nosel (P_H) = 5,3961 Watt dan daya turbin (P_T) = 4,3021 Watt, serta efisiensi turbin (η_T) = 79.73%

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.U.Patel, P.N.Pakale, "Study On Power Generation By Using Cross Flow Water Turbine In Micro Hydro Power Plant," *International Journal of Research in Engineering and Technology*, Vol. 04, No. 05, pp.1-4, May 2015.
- [2] C. L. Rantererung, S. Soeparman, R.Soenoko, S.Wahyudi, "The Dual Nozzle Cross Flow Turbine Performance," Vol. 11, No. 13, pp. 8538-8543, July 2016.
- [3] C.L. Rantererung, S.Soeparman, R.Soenoko, S.Wahyudi. "Vertical And Horizontal Nozzle Effectiveness In Cross Flow Turbines," *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, Vol. 9, No.10, pp. 504-51, October 2018.
- [4] J. D. Patel, K. D. Patel, D.A. Patel, "To Examine the Effect of Mass Flow Rate on Cross Flow Turbine using Computational Fluid Dynamics," *International Journal of Engineering Research & Technology*, Vol. 4, No.05, pp.1094-1096, May 2015.
- [5] M. A. Khan and S.Badshah, "Design and Analysis of Cross Flow Turbine for Micro Hydro Power Application using Sewerage," *Water Research Journal of Applied Sciences. Engineering and Technology*. Vol.8, No.7, pp. 821-828, Agustus 2014.
- [6] C.L. Rantererung, T.Tandiseno, M.Malissa, "Multi Nozzle Paralel To Improve Efficiency Cross Flow Turbine," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 14, No. 2, pp.550-555, January 2019.
- [6] C.L. Rantererung, S.Soeparman, R.Soenoko, S.Wahyudi, "Dual Nozzle Cross Flow Turbine As An Electrical Power Generation," *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol.11, No.1, pp.15-19, January 2016
- [7] C.A.Consul and R.H.J Willden, "Influence of Flow Confinement on the Performance of a Cross Flow Turbine," *3rd International Conference on Ocean Energy*, pp.1-6, December 2011.
- [8] L.Jasa, A. Priyadi, M.H. Purnomo, "Designing angle bowl of Turbine for Micro-hydro at Tropical Area," *IEEE International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis*, Senin-Kamis, 23-27 September 2012.
- [9] Purwantono, Refdinal, Hendri, Syahrul, "Development Of Model Of Propeller-Cross Flow Water Turbine For Pico Hydro Power Generator Litle," *International Conference on Technical and Vocation Education and Training*, pp.406-408, Kamis-Sabtu, 9-11, November, 2017
- [10] R.Risdianto, Ismail, E.A. Pane, "Experimental Study Of Crossflow Turbines With Variations Flow Guide In Runner For Sea Wave Power Plants," *Prosiding SNTTM XVIII*, pp.1-10, Rabu-Kamis, 9-10 October 2019.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis tak lupa menyampaikan terima kasih kepada Dikti Kemedikbudristek dan LPPM UKI Paulus atas dukungannya sehingga penelitian dan penulisan artikel ini bisa selesai serta ucapan terima kasih disampaikan kepada panitia seminar nasional sehingga bisa diikuti dalam acara The 5th Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2021, Politeknik Negeri Ujung Pandang.