

## PENGUJIAN TURBIN CROSS FLOW EMPAT NOSSEL VERTIKAL

Corvis L Rantererung<sup>1)</sup>, Titus Tandiseno<sup>2)</sup>, Mika Mallisa<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

<sup>1)</sup> Dosen Jurusan Teknik Elektro, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Akuntansi, Universitas Kristen Indonesia Paulus, Makassar

### ABSTRACT

Testing the performance of a cross flow turbine using four vertical nozzles as a guide and spraying water on the turbine runner blades. The nozzle is to convert the potential energy, pressure and velocity of the water flow into kinetic energy that strikes the blades of the turbine. The jet of water drives the turbine blades and then drives a small-scale electric generator in the cross-flow turbine rotation, power and efficiency laboratory. In this turbine, the implementation of testing research activities on the turbine is carried out which utilizes water energy to be absorbed by the turbine blades and then converted into mechanical energy of the turbine which produces power on the turbine shaft. This study aims to analyse the performance of a four nozzle vertical crossflow turbine with a small capacity. The method used in this research is literature study, preparation of tools, materials, measuring instrument installation, data collection, data validation, calculation and analysis of results. The conclusion of the study shows that there is an increase in the rotation of the turbine shaft which is directly proportional to the increase in the presentation of the water flow regulation valve opening, the increase in fluid flow velocity, the turbine power generated is 4,60 Watt, and the turbine efficiency is 79.93%.

**Keywords:** *Testing, Cross flow Turbine, Four Nozzles*

### ABSTRAK

Pengujian unjuk kerja turbin cross flow dengan menggunakan empat nozel vertikal sebagai pengarah dan penyemprotan air pada sudu-sudu runner turbin. Nossel adalah mengubah energi potensial, tekanan dan kecepatan aliran air menjadi energi kinetis yang menumbuk sudu-sudu dari turbin. Semburan air menggerakkan bilah turbin dan kemudian menggerakkan generator listrik skala kecil di laboratorium rotasi, daya, dan efisiensi turbin aliran silang. Turbin ini pelaksanaan kegiatan penelitian pengujian pada turbin dilakukan yang memanfaatkan energi air untuk diserap oleh sudu-sudu turbin kemudian diubah menjadi energi mekanik turbin yang menghasilkan daya pada poros turbin. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis unjuk kerja turbin crossflow vertikal empat nozzle dengan kapasitas kecil. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur, persiapan alat, bahan, alat ukur instalasi, pengumpulan data, validasi data, perhitungan dan analisis hasil. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan putaran poros turbin yang berbanding lurus dengan bertambahnya presentasi bukaan katup pengaturan debit air, peningkatan kecepatan aliran fluida, daya turbin yang dihasilkan sebesar 4,60 Watt, dan efisiensi turbin sebesar 79,93%

**Kata kunci:** *Pengujian, Turbin Crossflow, Empat Nozel*

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dalam kehidupan manusia adalah sangat Pembangkit listrik tenaga air dianggap sebagai salah satu yang paling diinginkan sumber energi listrik karena ramah lingkungan. Di beberapa tahun terakhir ada peningkatan penelitian di bidang kecil pembangkit listrik tenaga air [1]. Beberapa jenis turbin tenaga air kecil antara lain tipe radial, aksial, dan baling-baling turbin. Ada banyak lokasi yang cocok untuk turbin *hidro head* rendah. Turbin *hidro head* rendah termasuk Turbin Kaplan yang merupakan saluran masuk aksial dan saluran keluar aksial, Turbin aliran silang yang merupakan saluran masuk radial dan saluran keluar air adalah di pelari, dan lain-lain telah menjadi bidang utama yang menarik. Saat ini turbin hidrolik aliran silang semakin meningkat popularitas di head rendah dan laju aliran air kecil [2] perusahaan, karena strukturnya yang sederhana dan kemudahan manufaktur di lokasi pembangkit listrik. Aliran silang turbin juga disebut turbin Banki-Mitchell sebagaimana adanya penemu dan pengembang awal turbin ini. Turbin aliran silang adalah turbin kepala rendah yang bekerja dengan kecepatan aliran yang luar biasa. Jadi ini adalah turbo kecepatan spesifik rendah mesin. Bagian utama dari turbin aliran silang adalah *runner* dan nosel. *Runner* turbin adalah lingkaran berongga bagian turbin di mana bilah melengkung didukung di ujungnya [3]. Nosel adalah komponen turbin yang melaluinya muncul semburan air berkecepatan tinggi. air ini jet menyerang bilah pelari yang

---

<sup>1</sup> Korespondensi penulis: Corvis L Rantererung, [corvisrante@yahoo.com](mailto:corvisrante@yahoo.com),

memberikan energi potensial yang diubah menjadi energi kinetik. Komponen turbin aliran silang ditunjukkan pada gambar (1). Itu air dari jet menghantam bilah melengkung karena itu pelari mulai berputar. Air setelah melewati pisau melewati pelari ke sisi lain untuk lagi menumbuk sudu yang menggerakkan sudu berotasi sekali lagi. Di Sini lagi, akan ada transfer energi antara air dan pelari yang memaksimalkan efisiensi jenis ini dari turbin. Efisiensi turbin aliran silang adalah fungsi dari beberapa parameter desain. Parameter ini termasuk pelari diameter, panjang runner, kecepatan runner, daya turbin, radius kelengkungan sudu, jarak, jumlah dan sudut sudu, sudut keluar dan sudut masuk sudu. penelitiannya adalah masih menggunakan parameter yang disebutkan di atas untuk memaksimalkan efisiensi.

Tenaga air bersumber dari energi kinetik pancaran air yang tinggi menggerakkan sudu-sudu *runner* turbin sehingga disebut turbin impuls [3]. Saat ini turbin *cross flow* banyak yang memberikan perhatian untuk diaplikasikan oleh praktisi karena keunggulannya bisa digunakan dengan *range* debit maupun *head* yang rendah, memiliki konstruksi super sederhana, ekonomis dan lebih fleksibel. Pemakaian turbin air sangat murah biaya produksinya dan bahannya mudah diperoleh [4]-[6]. Jenis turbin air *crossflow* diterapkan untuk mengonversi energi kinetik kecepatan air dari nosel ke energi mekanis. Komponen turbin memiliki rangkaian sudu-sudu yang berotasi (rotor) dan rumah turbin yang statis (stator). Penggunaan kecepatan pancaran aliran air merupakan sumber energi penggerak turbin impuls yang menghasilkan putaran pada poros turbin. Kegiatan penelitian dilaksanakan untuk menguji turbin *crossflow* dengan empat nozel [7]. Pada awal penemuan dan penggunaan Turbin air yang ditemukan pertama adalah digunakan untuk menghasilkan energi penggerak utama pembangkit listrik [8]. Sekarang ini sudah banyak dipakai penggerak generator listrik sebagai sumber energi terbarukan. Fungsi turbin air sebagai komponen sistem pembangkit energi listrik adalah merupakan peralatan paling utama untuk menyerap energi dari dinamika pancaran aliran air. Turbin air sebagai bagian dari mesin fluida yang paling sederhana yang menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar rotor generator listrik. Turbin impuls memiliki desain yang sederhana dan murah seperti Turbin Turgo, Turbin Pelton dan Turbin *Cross-Flow*. Jenis ini banyak digunakan sebagai *head* tinggi dan menengah. Pada saat ini, telah diterapkan untuk pada pembangkit mikro hidro dan keefektifannya telah terbukti membuat turbin ini menjadi pilihan terbaik para praktisi yang diterima di banyak masyarakat. Energy Systems dan Design telah menghasilkan turbin *Crossflow* untuk dapat digunakan untuk *head* antara 3 m dan 150 m dan meningkatkan kinerja turbin. Secara umum, efisiensi turbin Turbin sangat bergantung pada banyak faktor, seperti kemiringan nozel atau jet, desain sudu dan rasio kecepatan. Efisiensi turbin untuk mikro hidro sangat sensitif terhadap posisi jet dan sudut kemiringan jet yang optimal sudut untuk mencapai efisiensi yang optimal.

Komponen utama turbin air antara lain adalah berupa (1) Rotor yakni berupa *runner* yang menerima dan menyerap energi air sebagai sumber energi untuk menggerakkan sudu-sudu turbin setelah menerima tekanan pancaran air dari nozel. Poros turbin berguna untuk meneruskan gerak rotasi yang diakibatkan oleh sudu turbin. (2). *Bearing* (bantalan) sebagai penguat dan dudukan dari poros untuk menghindari timbulnya panas akibat gesekan dan keausan dari komponen turbin yang bergerak (3). Komponen Stator adalah komponen turbin yang statis seperti nozel atau pengarah pancaran air yang berfungsi meningkatkan tekanan maupun kecepatan semprotan air ke sudu-sudu *runner* turbin *cross flow*.

Sesuai dengan karakteristik kinerja turbin yang digunakan untuk *head* rendah pembangkit listrik tenaga air mikro Turbin tenaga air dikategorikan menjadi dua jenis, yaitu turbin impuls dan reaksi, masing-masing cocok untuk berbagai jenis kapasitas debit air yang mengalir dan *head*. Berdasarkan karakteristik tersebut maka turbin dibagi menjadi dua yaitu (1). Turbin air Reaksi yakni berkerja berdasarkan tekanan air pada bagian inlet dan *outlet* sehingga turbin ini biasa disebut turbin tekanan (*pressure turbine*) dari energi potensial dalam mengubahnya untuk mengubahnya menjadi energi mekanis sebagai penggerak sudu turbin profil yang dibuat khusus yang menyerap energi tekanan *inlet* dan *outlet*. Keuntungan turbin reaksi adalah sebagian besar cocok untuk situs *low-head* karena lebih tinggi kecepatan tertentu, karena turbin terhubung langsung ke alternator tanpa memerlukan sistem transmisi. Akibatnya, biaya melepas sistem penggerak secara signifikan rendah. Turbin ini juga dapat digunakan untuk *head* sedang dan tinggi, sedangkan sudu-sudunya dan lebih cocok untuk *head* yang rendah. Namun di sisi lain, pemakaian turbin reaksi adalah lebih rumit dari pada turbin impuls karena memerlukan penggunaan sudu yang diprofilkan dengan selubung dan pemandu khusus desain baling-baling. Hal ini dapat menyebabkan kenaikan biaya *startup* anggaran turbin reaksi. Oleh karena itu, penggunaan turbin reaksi dalam skema pembangkit listrik tenaga mikro hidro kurang menarik sebab kinerja yang lebih rendah untuk kondisi aliran yang kecil. Adapun jenis-jenis dari turbin reaksi antara lain: (a).Turbin Kaplan, (b).Turbin Bulb, (c). Turbin *Straflo*, (d).Tubin Francis, (2).Turbin Impuls adalah turbin yang memanfaatkan kecepatan air dari nosel oleh sebab itu disebut juga turbin kecepatan (*velocity turbine*) seperti Turgo, Pelton,

dan turbin *cross flow* adalah memiliki banyak keunggulan yakni menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi, lebih efektif. Selain itu desainnya sederhana, mudah perawatan dan gampang dibuat, hemat biaya dan poros tidak memerlukan segel tekanan, memiliki toleransi yang lebih besar terhadap pasir dan partikel lain dalam air, yang berpengaruh pada kinerjanya. Secara umum Turbin impuls mengonversi potensial energi air yang diubah ke bentuk energi kinetik pancaran aliran air dari nosel. Air dengan kecepatan tinggi yang dihasilkan nozel menumbuk ke sudu-sudu turbin mengakibatkan *runner* turbin menghasilkan gerak putar. Keunikan dari Turbin air impuls menghasilkan tekanan sama sebab aliran fluida air keluar pada nosel memiliki tekanan yang sama tekanan atmosfer lingkungan sekitar.

Jenis turbin *cross-flow* ini memiliki prinsip kerja yakni pancaran aliran air dari nosel masuk ke turbin melalui sudu-sudu *impeller* turbin berbentuk silinder, air melintasi dua kali sudu-sudu kemudian keluar meninggalkannya dan air terbuang ke saluran buang. Kemudian dengan adanya air yang melewati *impeller* dua kali memberikan efisiensi tambahan. Ketika air meninggalkan *impeller* turbin, juga sangat membantu membersihkan *runner* dari kotoran kecil dan sampah. Jadi turbin *cross-flow* dibersihkan saat air keluar *runner* akan ikut terbuang kotpartikel pasir kecil, rumput, daun untuk mencegah kerugian. Jenis turbin lainnya dapat tersumbat dengan mudah, dan akibatnya menghadapi kerugian daya meskipun efisiensi nominal yang lebih tinggi. Komponen nosel pada turbin adalah berfungsi mengarahkan dan menghasilkan pancaran air dengan kecepatan tinggi memasuki sudu-sudu atau *impeller runner* turbin, aliran air menggerakkan dan melintasi *runner* dua kali, yakni pertama-pertama air memasuki depan sudu-sudu turbin, kemudian masuk ke tahap kedua air keluar dan melintasi ruang bagian tengah langsung ke sudu bagian belakang *runner*. Selanjutnya aliran air yang sangat cepat melintas pada sudu-sudu *runner* dari turbin dengan dua kali tahapan yang menyebabkan turbin ini beri nama turbin aliran *cross-flow*. Prestasi dari turbin *cross flow multi* atau empat nosel dapat dianalisis melalui perhitungan yang menggunakan persamaan di bawah ini :

- 1). Daya dari hidrolis ialah daya yang dihasilkan dari besarnya kapasitas air yang mengalir dari suatu level permukaan air pada reservoir yang telah ditentukan yang dipengaruhi oleh percepatan gravitasi bumi serta massa jenis air. Kapasitas yang debit aliran air beserta *head* yang diperoleh melalui penggunaan alat ukur dalam kegiatan penelitian ini. Tinggi jatuh air atau *head* ialah besarnya jumlah energi dapat diserap dari aliran fluida pada persatuan beratnya. Selanjutnya *head* dapat diukur menggunakan instrumen pengukur tekanan (*pressure gauge*), maka besarnya daya hidrolis bisa dihitung dengan persamaan berikut:

$$N_{\text{Hidrolis}} = g \cdot \rho \cdot H \cdot Q \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan : H = tinggi jatuh air efektif (m), Q = Kapasitas air masuk turbin (m<sup>3</sup>/s), ρ = besarnya massa jenis air yang masuk turbin (kg/m<sup>3</sup>), g = pengaruh percepatan dari gravitasi bumi (m/s<sup>2</sup>)

- 2). Daya yang dihasilkan Turbin yaitu besarnya daya dihasilkan poros turbin dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$P_{\text{Turbin}} = \omega \cdot \tau \text{ (Watt)} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan : ω = kecepatan sudut (rad/dt), τ = torsi pada poros turbin (Nm), F = beban pada turbin (N), r = dimenasi jari-jari dari pully(m), besarnya torsi dihitung dengan persamaan :

$$\tau = r \cdot F \text{ (mN)} \dots\dots\dots (3)$$

Kecepatan sudut poros turbin (ω) bergantung putaran dihasilkan turbin, dihitung dengan rumus :

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

Keterangan : ω = kecepatan sudut poros (  $\frac{\text{rad}}{\text{dt}}$  ), π = 3.14, n = putaran pada poros (rpm)

- 3). Efisiensi dari Turbin yakni perbandingan antara daya output turbin terhadap daya yang disuplai oleh air, dapat diperoleh :

$$\eta_T = \frac{P_T}{P_{\text{Hidrolis}}} \cdot 100\% \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan : η<sub>T</sub> = besarnya efisiensi turbin (%), P<sub>T</sub> = Daya dihasilkan turbin (Watt), P<sub>h</sub> = Daya hidrolis yang disuplai air (Watt)

## 2. METODE PENELITIAN

Secara ideal pada gambar 1 menunjukkan instalasi dari rangkaian Pengujian Turbin Cross Flow 4 (empat) nosel pengujian prestasi Turbin *Cross-flow* melalui kegiatan penelitian pada Laboratorium Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin UKI Paulus, pada bulan September sampai Oktober 2022. Prosedur

yang dilakukan pada penelitian adalah (1). Menyiapkan kebutuhan alat dan bahan penelitian, (2). Melakukan instalasi semua komponen dari Turbin *Cross-flow* empat nosel, (3). Memasang alat ukur atau instrumen penelitian, (4). Mengisi air ke bakak penampung dan penyuplai air ke *penstock* yang dialirkan ke nosel turbin, (5). Menggunakan tiga pipa *penstock* untuk mengalirkan air ke nosel turbin, (6). Nosel sebagai pengubah potensial air ke energi kinetik untuk menghasilkan kecepatan pancaran air masuk pada sudu *runner* turbin, (7). *Tachometer* sebagai alat mengukur putaran poros turbin. (8). Pembacaan dan pengumpulan data serta menganalisis semua data diperoleh.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengacu pada metode penelitian di atas maka pengujian dilaksanakan sesuai pada gambar 1 dan hasil penelitian yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 1 menghasilkan unit turbin *cross-flow* dengan menggunakan empat nosel sebagai komponen utama untuk mengubah energi potensial dan tekanan air menjadi energi kinetik sebagai penggerak sudu-sudu *runner* turbin dengan instalasi pengujian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Rangkaian pengujian dari turbin *cross-flow* 4 (empat) nosel

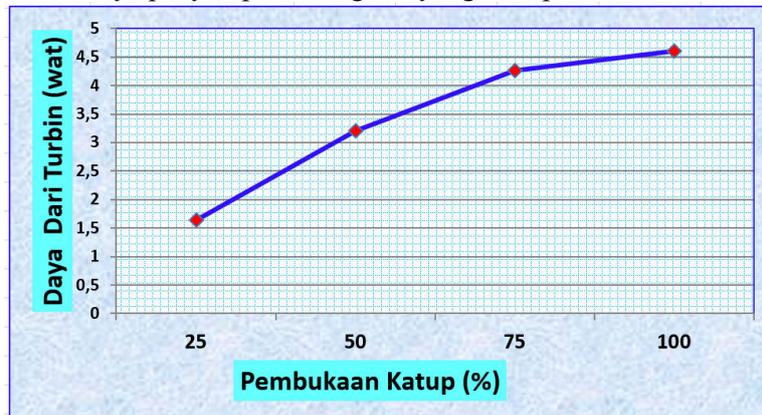
Hasil data dan perhitungan pengujian unjuk kerja turbin *cross flow* yang menggunakan empat nosel dapat dilihat pada Tabel 1. Pengujian turbin air *cross-flow* menggunakan empat nosel yakni terbuat dari bahan *acrilik* transparan, lebih ringan dan diproses memakai peralatan produksi sesuai dimensi yang telah direncanakan. Penggunaan turbin dengan memakai empat nosel yakni diproses dengan beberapa alat produksi berdasarkan dimensi atau ukuran yang telah direncanakan baik. Sesuai yang ditunjukkan gambar 2 grafik bahwa kinerja Turbin *cross-flow* sangat dipengaruhi keadaan kondisi besarnya *head* atau ketinggian level reservoir air dan besarnya kapasitas air. Pancaran aliran air yang keluar dari empat nosel turbin memancarkan tekanan air ke *runner* masuk ke sudu-sudu turbin untuk menggerakkan poros turbin untuk menghasilkan daya mekanis turbin [1]. Kemudian sesuai gambar 2 dan 3 adalah grafik yang mengembarkan bahwa besarnya daya turbin dihasilkan paling minimum adalah 1,6353 Watt dengan daya hidrolis yang diterima turbin adalah 4,5347 Watt mampu menghasilkan efisiensi 36,06 %, sesuai pada pembukaan katup pipa *penstock* sebesar 25 % daya Turbin *cross\_flow* dengan empat nosel adalah paling maksimum didapatkan dengan pembukaan Katup 100% yakni 4,6009 Watt pada rotasi turbin sebesar 709 rpm dari daya hidrolis 5,7558 Watt dan efisiensi 79,93 %.

Tabel 1. Data dari hasil pengujian

No.	Pembukaan. Katup (%)	Debit $10^{-3}$ ( $m^3/s$ )	Head (m)	Daya Hidrolis (Watt)	Putaran (rpm)	Daya Turbin Air (Watt)	Efisiensi (%)
1	25	3,0971	1,5	4.5347	252	1.6353	36.06
2	50	3,6163	1,5	5.2945	495	3.2122	60.66
3	75	3,7365	1,5	5.4709	657	4.2634	77.93
4	100	3,9312	1,5	5.7558	709	4.6009	79.94

Berdasarkan pada pembukaan katup terhadap daya turbin *cross-flow* yang menggunakan empat nosel memberikan gambaran bahwa jika pembukaan dari katup semakin besar maka terjadi peningkatan kapasitas debit air dan massa air memasuki turbin untuk menggerakkan sudu-sudu dari *runner* pada poros turbin [4]. Hal

ini terjadi karena disebabkan oleh adanya peningkatan daya dari turbin seiring bertambahnya debit air memasuki turbin seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kemudian sesuai hasil penelitian terdahulu dengan memakai Turbin *Cross-flow* dengan satu nosel hanya mendapatkan efisiensi masih sangat rendah [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*). Berdasarkan hasil analisis memberikan gambaran bahwa peningkatan daya maupun efisiensi turbin ialah sangat dipengaruhi oleh jumlah kapasitas aliran debit air yang menumbuk sudu *runner* turbin [6]. Kinerja turbin menghasilkan energi mekanis adalah dipengaruhi oleh besarnya penyerapan energi air yang mampu dikonversi menjadi daya turbin [7].



Gambar 2. Grafik bukaan katup terhadap daya turbin

Turbin tipe *cross-flow* memakai empat nosel mempunyai keunggulan dan keunikan ialah terjadi aliran pancaran dari air yang merata memberikan energi kinetik sudu-sudu *runner* turbin dan tidak ada menimbulkan kavitasi pada turbin [8]. Besar kecilnya efisiensi pada turbin sangat bergantung berapa banyaknya potensial energi air yang dapat diubah ke energi air kinetik pada empat nosel dari turbin dimana aliran air melintasi *runner* turbin [9]. Pada nosel turbin air terpancar keluar kecepatan tinggi menabrak dan menggerakkan sudu turbin dan kecepatan dari aliran air berubah sehingga terjadi perubahan momentum yang mengakibatkan *runner* dan poros turbin berotasi dan menimbulkan energi mekanis pada turbin air [10]. Dengan memvariasikan jumlah debit air pada Turbin *Cross\_flow* poros horizontal memiliki karakteristik yakni nilai efisiensi semakin mengalami peningkatan sebab adanya peningkatan putaran dan torsi poros turbin yang semakin meningkat [11], seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Kemudian perlu juga diperhatikan waktu diberikan pembebanan bertambah besar gaya yang dialami semakin naik sampai bisa menurunkan putaran pada poros turbin. Selanjutnya pada waktu turbin air berhenti, tidak bisa menghasilkan daya maupun efisiensi [12]. Hal ini terjadi sebab kapasitas tersebut turbin tidak terendam dan menumbuk luasan sudu turbin, dan gaya dorong dari aliran dan mampu mendorong dan memutar turbin serta menghasilkan daya tinggi. Seiring penambahan kapasitas debit aliran yang diatur melalui pembukaan katup saluran pada alat uji terlihat pada grafik [13], bahwa efisiensi turbin mengalami peningkatan daripada kapasitas aliran sebelumnya, juga cenderung mengalami peningkatan terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan turbin.



Gambar 3. Grafik hubungan bukaan katup dengan efisiensi turbin

#### 4. KESIMPULAN

Dari analisa hasil pengujian dan teori yang ada menunjukkan bahwa kinerja turbin sangat dipengaruhi oleh kapasitas debit aliran terhadap performa Turbin *Cross-flow* yang menggunakan empat nosel yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa. Variasi debit aliran air sangat mempengaruhi hasil kinerja atau performa pada turbin yang dihasilkan yang terbaik yakni putaran pada poros *runner* turbin stabil sudu-sudu *runner* dari turbin dapat menerima tenaga air dari nosel mencapai 5,7558 Watt dan daya turbin 4,6009 Watt serta efisiensi turbin 79,93%.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan senang hati dari penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Diktiristek Kemedikbudristek dan LPPM UKI Paulus atas semua dukungannya dalam pelaksanaan penelitian yang dituangkan dalam artikel ini sehingga dapat selesai dengan baik serta ungkapan terima kasih juga pada panitia pelaksanaan seminar nasional sehingga bisa diikuti sebagai pemakalah pada acara kegiatan The 5th Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2022, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Purwanto, 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
- [5] R.Risdiyanto, 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] C. L. Rantererung, S. Soeparman, R. Soenoko, S. Wahyudi, "The Dual Nozzle Cross Flow Turbine Performance," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 11, No. 13, pp. 8538-8543, July 2016.
- [8] 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.
- [9] C.L. Rantererung, T. Tandiseno, M. Malissa, "Multi Nozzle Paralel To Improve Efficiency Cross Flow Turbine," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol. 14, No. 2, pp.550-555, January 2019.
- [10] 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.
- [11] C.L. Rantererung, S. Soeparman, R. Soenoko, S. Wahyudi, "Dual Nozzle Cross Flow Turbine As An Electrical Power Generation," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol.11, No.1, pp.15-19, January 2016
- [12] C.A. Consul and R.H.J Willden, "Influence of Flow Confinement on the Performance of a Cross Flow Turbine," *3<sup>rd</sup> International Conference on Ocean Energy*, pp.1-6, December 2011.
- [13] R.Risdiyanto, 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.