

ANALISA KINERJA TURBIN TURGO DAN TURBIN PELTON SKALA LABORATORIUM

Dharmacakra Ramaputra¹, Jusuf Haurissa¹
Program Teknik Mesin¹
Universitas Sains dan Teknologi Jayapura
E-mail: jhaurissa@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan kinerja turbin turgo dan turbin pelton skala laboratorium. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat simulator turbin H41D/C di laboratorium Teknik Mesin Universitas Sains Dan Teknologi Jayapura. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen laboratorium. Turbin turgo dan turbin pelton dipasang ke simulator turbin dengan secara bergantian. Ada tiga variabel pada penelitian ini, variabel bebas (debit aliran), variabel terikat (daya turbin, efisiensi) dan variabel terkontrol (putaran turbin). Kemudian turbin tersebut diuji perbandingan daya dan efisiensinya. Hasil dari pengujian dimasukkan ke dalam tabel dan dianalisa. Hasil dari analisa perbandingan kinerja turbin turgo dan pelton daya dan efisiensi dari turbin turgo dan pelton yang terbesar pada masing masing bukaan nozzle 25%, 50%, 75% dan 100% , turbin turgo dan pelton dengan bukaan nozzle 25% daya yang dihasilkan turbin turgo 67,96 W dan efisiensi 35,49 sedangkan daya pada turbin pelton 83,72W dan efisiensi 41,71, pada bukaan nozzle 50% dari daya dan efisiensi turbin turgo dan pelton yang terbesar daya turbin turgo 87,37W dan efisiensi 44,75% sedangkan daya turbin pelton 95,5W dan efisiensi 46,66%. Pada bukaan nozzle 75% daya dan efisiensi terbesar turbin turgo dan pelton, daya dan efisiensi yang dihasilkan pada turbin turgo 87,18W dan efisiensi 45,09 % sedangkan pada turbin pelton daya yang dihasilkan 94,86W dan efisiensi 49,06%. Pada bukaan nozzle 100% daya dan efisiensi turbin turgo dan pelton yang terbesar, turbin turgo memiliki daya 86,62W dan efisiensi 44,96% sedangkan turbin pelton daya yang dihasilkan 97,5W dan efisiensi 50,38%. Turbin Pelton mempunyai daya dan efisiensi lebih tinggi yaitu 10,75 %.

Keywords: Turbin Turgo Dan Turbin Pelton, Energi Potensial, Picohydro, Daya Dan Efisiensi

Abstrack

This study aims to analyze the performance comparison of turgo turbines and Pelton turbines on a laboratory scale. The research was carried out using the H41D/C turbine simulator in the Mechanical Engineering Laboratory at Jayapura University of Science and Technology. The method used in this research is a laboratory experiment. Turgo turbine and Pelton turbine are installed in the turbine simulator alternately. There are three variables in this study, the independent variable (flow discharge), the dependent variable (turbine power, efficiency), and the controlled variable (turbine rotation). Then the turbine is tested for comparison of power and efficiency. The results of the test are entered into the table and analyzed. The results of a comparative analysis of the performance of turgo and Pelton turbines, the power, and efficiency of the turgo and Pelton turbines are the largest at each nozzle opening of 25%, 50%, 75%, and

100%, turgo and Pelton turbines with a nozzle opening of 25% the power produced by the turgo turbine 67.96 W and an efficiency of 35.49 while the energy in the Pelton turbine is 83.72W. An efficiency of 41.71, at a nozzle opening of 50% of the power and efficiency of the Turgo and Pelton turbines, the largest is the power of the Turgo turbine at 87.37W and an efficiency of 44.75%.

In comparison, the power of the Pelton turbine is 95.5W and has an efficiency of 46.66%. At the nozzle opening of 75%, the greatest strength and efficiency of the turgo and Pelton turbines, the power and efficiency generated in the turgo turbine is 87.18W, and the efficiency is 45.09%. In contrast, in the Pelton turbine, the energy produced is 94.86W, and the efficiency is 49.06%. At 100% nozzle opening power and the highest efficiency of the turgo and Pelton turbines, the turgo turbine has a capacity of 86.62W and an efficiency of 44.96%. In comparison, the Pelton turbine produces 97.5W of power and an efficiency of 50.38%. The Pelton turbine has a higher capacity and efficiency of 10.75%.

Keywords: *Turgo Turbine, Pelton Turbine, Potential Energy, Power, Efficiency*

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik pada saat ini sangat dibutuhkan, karena energi listrik sangat mudah dikonversi ke energi lain contohnya pada peralatan rumah tangga seperti ricecooker yang merubah energi listrik menjadi energi kalor (panas). Energi listrik saat ini sebagian besar dihasilkan dari sumber daya yang sifatnya tidak dapat diperbaharui misalnya gas alam, minyak bumi, dan batu bara yang tergolong bahan bakar fosil. Maka dari itu pengembangan energi terbarukan sangat penting agar manusia tidak kehabisan energi dimasa yang akan datang. Salah satu energi terbarukan yang sangat ideal untuk menjadi sumber energi listrik adalah aliran air, aliran air memiliki energi kinetik yang memiliki gaya dorong sehingga dapat diolah menjadi sebuah gerak yang berotasi pada titik sumbu dengan kata lain energi kinetik dari aliran air dapat dipakai untuk memutar sebuah turbin, Turbin air adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengubah energi kinetik pada aliran air menjadi energi mekanik sehingga dapat memutar poros. Putaran poros yang dihasilkan tadi dapat digunakan menjadi sumber putaran untuk memutar generator sehingga menghasilkan energi listrik, jadi turbin berfungsi sebagai media untuk mengubah energi kinetik dari aliran air menjadi daya putar terhadap poros yang terhubung ke generator. Penelitian ini sudah dikembangkan lebih lanjut oleh beberapa penelitian sebelumnya. Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu [1] [2]. Hasil yang didapat dari pengujian turbin pelton yaitu Daya optimum terjadi di ketinggian 1,5 meter

yaitu dari 0,0512 watt menjadi 0,0792 watt. Nilai efisiensi tertinggi yaitu 81% pada ketinggian 0,5 meter. Huda, Fiqih Nurul meneliti tentang "Pengaruh penggunaan material komposit dengan stainless pada sudu terhadap kinerja prototipe turbin pelton" [3]. Torsi dan daya listrik tertinggi terjadi pada penggunaan maeterial komposit menghasilkan nilai torsi 0,219 Nm dan daya listrik 5,51 watt. Semakin ringan material pada pada turbin dapat meningkatkan torsi dan meningkatkan daya listrik pada prototipe turbin pelton. Selanjutnya Bono, Suwari, menganalisa Variasi jumlah sudu dan modifikasi bentuk nosel pada turbin turgo untuk pembangkit listrik tenaga mikrohidro. Hasil terbaik didapatkan pada bentuk nosel lingkaran dari pada bentuk persegi. Efisiensi Generator maksimum didapat pada jumlah sudu 18 nosel persegi didapatkan sebesar 59,78% pada putaran 1037,76 rpm [4]. Kemudian Ahreri Ardy Hafid, Masruki Kabib, dan Rianto Wibowo, merancangan dan simulasi turbin pelton daya output generator 20.000 watt. Hasil perancangan dan perhitungan didapatkan selanjutnya dimasukkan kedalam software autodesk inventor CFD, dan hasil simulasi kecepatan pancar air menggunakan software autodesk inventor CFD didapat kecepatan maksimum terjadi pada detik 0,6 sebesar 12,96 m/s [5].

"Development of the Turgo Impuls turbine : Past and present. Turbin Turgo Impulse memberikan solusi unik dan baru untuk meningkatkan kapasitas turbin impuls hidraulik sambil mempertahankan sistem injektor nosel dan tombak (seperti yang digunakan dalam turbin Pelton) untuk aliran peraturan. Ini telah

menghasilkan turbin yang beroperasi pada rentang aliran yang lebih tinggi yang biasanya disediakan untuk mesin Francis dengan tetap mempertahankan kurva efisiensi yang relatif datar, karakteristik mesin impuls [6].

Sejak penemuannya, turbin Turgo telah dipasang di ribuan lokasi di seluruh dunia. Mayoritas pengembangan desain turbin Turgo telah melalui penggunaan studi berbasis kertas dan eksperimental namun kemajuan terbaru dalam alat dinamika fluida komputasi (CFD) telah memungkinkan simulasi aliran multiphase yang kompleks, sangat turbulen, dan terkait dengan turbin impuls dan beberapa pekerjaan telah dilakukan dalam menerapkan ini pada desain Turgo. Tinjauan ini melihat perkembangan turbin Turgo sejak penemuannya pada tahun 1919 dan mencakup analisis berbasis kertas, studi eksperimental dan analisis CFD terbaru yang dilakukan pada desain [5] [7] .

Cobb, Bryan R.,Kendra V. Sharp (2013), "impulse (Turgo and Pelton) turbin performance characteristics and their impact on pico-hydro installation". Turbin Turgo diklasifikasikan sebagai turbin impuls, mirip dengan roda Pelton, sering digunakan dalam sistem pico-hydro. Keduanya menawarkan efisiensi tinggi untuk berbagai kondisi lokasi, tetapi perbedaan utamanya adalah Turgo dapat menangani laju aliran air yang jauh lebih tinggi, memungkinkan pengoperasian yang efisien di kisaran kepala yang lebih rendah dan dengan demikian berpotensi memperluas kelangsungan geografis. Data yang dipublikasikan tentang kinerja operasi Turgo terbatas; Terlepas dari perbedaannya, pembahasannya dalam manual desain umumnya disamakan dengan pembahasan roda Pelton. Dalam studi ini, perlengkapan uji skala laboratorium dibangun untuk menguji karakteristik kinerja operasi turbin impuls. Pengujian dilakukan untuk mengetahui pengaruh efisiensi turbin pada variasi rasio kecepatan dan misalignment jet pada dua turbin Turgo. Hasilnya dibandingkan dengan tes serupa di fixture yang sama pada turbin Pelton. Di bawah kondisi terbaik, efisiensi turbin Turgo diamati lebih dari 80% dengan rasio kecepatan sekitar 0,46, yang cukup baik untuk turbin skala piko-hidro. Efisiensi puncak untuk turbin Pelton dan Turgo terjadi pada rasio kecepatan yang lebih rendah dari rasio kecepatan ideal teoritis berdasarkan keseimbangan momentum; penurunan rasio kecepatan di mana efisiensi puncak terjadi kemungkinan besar disebabkan oleh inefisiensi dalam turbin. Pengujian misalignment jet

menunjukkan bahwa memindahkan jet ke tepi dalam atau luar sudu turbin menyebabkan penurunan efisiensi Turgo sebesar 10-20% dan mengurangi rasio kecepatan optimal sebesar 0,03 (6,5%). Hasilnya menekankan pentingnya desain dan instalasi sistem yang tepat, dan meningkatkan basis pengetahuan tentang kinerja turbin Turgo yang dapat mengarah pada implementasi praktis yang lebih baik dalam sistem pico-hidro [8] .

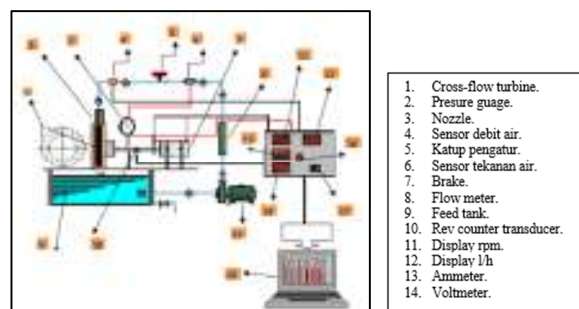
Dari penelitian diatas maka penulis akan melakukan penelitian terhadap perbandingan kinerja pada turbin turgo dan turbin pelton dengan jumlah sudu yang sama yaitu 20 buah. Pada analisa perbandingan ini dilakukan perhitungan daya dan efisiensi dari kedua turbin yang merupakan tipe turbin impuls yang bekerja pada head aliran air yang sama.

2. METODE PENELITIAN

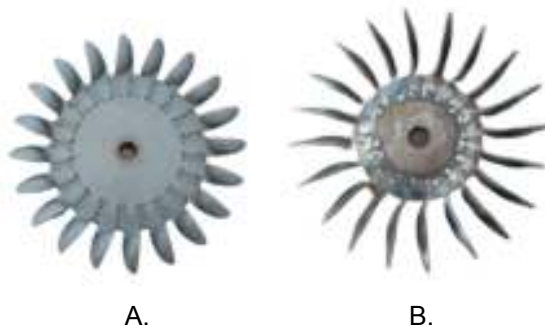
Metode yang di gunakan pada penelitian adalah eksperimen laboratorium.

2.1. Alat Dan Bahan

Pada penelitian menggunakan satu unit simulator Turbin.(gambar 2.), di lengkapi dengan ADC.



Gambar 2. Simulator Turbin



Gambar 3. Runner Turbin Pelton (A) dan Runner Turbin Turgo (B)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian perbandingan Turbin turgo dan pelton ini, pengujian dilakukan dengan bukaan nozzle sebesar 100 % (bukaan penuh) dengan beban 1N, 2N, 3N, 4N. Dan hasilnya akan

terlihat pada digital panel, selanjutnya melakukan perhitungan dan analisis.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Turbin Turgo

Bukaan nozzle Z [%]	Beban F [N]	Torsi T [Nm]	Debit Q [m ³ /h]	Tekanan Pd [bar]	Tegangan V [V]	Putaran n [rpm]	kecepatan sudut ω [m/s]	Arus I [A]
100	1	0,3	2,3	3	27,5	3950	41,34	1,37
100	2	0,6	2,3	3	24	3600	37,68	2,76
100	3	0,9	2,3	3	19	3050	31,92	4,52
100	4	1,2	2,3	3	14,2	2575	26,95	6,10

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Turbin Pelton

Bukaan nozzle Z [%]	Beban F [N]	Torsi T [Nm]	Debit Q [m ³ /h]	Tekanan Pd [bar]	Tegangan V [V]	Putaran n [rpm]	kecepatan sudut ω [m/s]	Arus I [A]
100	1	0,3	2,3	3	30,1	2850	29,83	0,74
100	2	0,6	2,3	3	24,9	2725	28,52	2,93
100	3	0,9	2,3	3	19,9	2500	26,17	4,73
100	4	1,2	2,3	3	15	2375	24,86	6,5

3.1. PENGOLAHAN DATA

Sesuai tujuan dari penelitian Turbin turgo dan Turbin pelton ini, adalah mengetahui sseberapa besar perbandingan daya dan efisiensi urbin Turgo dan turbin Pelton dengan jumlah 20 sudu yang sama, maka dilakukan pengolahan data berdasarkan dari tabel 1 dan 2. data tersebut diolah menurut kinerja turbin turgo dan turbin pelton dengan debit aliran yang sangat terkontrol bukaan penuh (100%) dengan pembebanan 1N, 2N, 3N, 4N.

Perhitungan kinerja Turbin Turgo dan Turbin Pelton menggunakan persamaan di bawah ini :

- a. Kecepatan rata-rata aliran (V)

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(1)$$

- b. Head kecepatan pada ketinggian (Hkin)

$$H_{kin} = \frac{v^2}{2.g} \dots\dots\dots (2)$$

- c. Tekanan pada ketinggian (Hpres)

$$H_{pres} = \frac{P_d}{\gamma} \dots\dots\dots(3)$$

d. $H_{man} = \dots\dots\dots(4)$

e. Head total (Htot)

$$H_{tot} = H_{pres} + H_{man} + H_{kin} \dots\dots\dots (5)$$

f. Daya masuk (Phyd)

$$P_{hyd} = \gamma \cdot Q \cdot H_{tot} \dots\dots\dots(6)$$

g. Daya keluar (Pout)

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots(7)$$

h. Efisiensi Turbin (η)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{hyd}} 100 \dots\dots\dots(8)$$

i. Torsi (T) = F . L (9)

Hasil perhitungan kinerja Turbin Turgo dan Turbin Pelton di tunjukan di tabel 3 dan tabel 4

Tabel 3. Data Hasil Perhitungan turbin Turgo

Bukaan nozzle Z [%]	Beban		Torsi		Debit		Tekanan		Putaran		kecepatan sudut		Kecepatan aliran		Tinggi manometer		Head kecepatan		Besaran tekanan air		Total head tekanan		Daya air masuk		Efisiensi	
	F [N]	T [Nm]	Q [m ³ /s]	Pd [Pa]	n [rpm]	ω [m/s]	V [m/s]	Hman [m]	Hkin [m]	Hpres [m]	Htot [m]	Phyd [W]	Pout [W]	η [%]												
100		0,3	0,00061	310000	2850	41,343333	2,68	0,36	31,61	32,32	193,34	37,67	19,48													
100		0,6	0,00063	300000	2725	37,68	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	66,24	34,23													
100		0,9	0,00061	300000	2500	31,923333	2,68	0,36	30,59	31,3	187,24	85,88	45,86													
100		1,2	0,00063	300000	2375	26,951667	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	86,62	44,96													

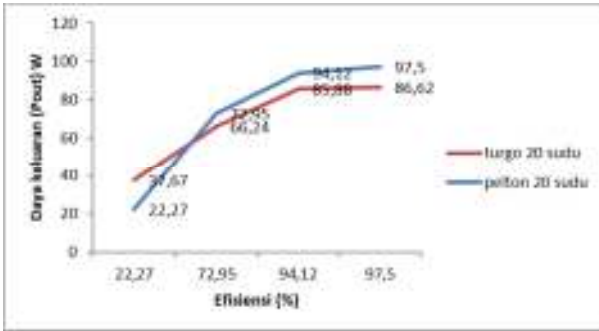
Tabel 4. Data Hasil Perhitungan Turbin Pelton

Bukaan nozzle Z [%]	Beban		Torsi		Debit		Tekanan		Putaran		kecepatan sudut		Kecepatan aliran		Tinggi manometer		Head kecepatan		Besaran tekanan air		Total head tekanan		Daya air masuk		Efisiensi	
	F [N]	T [Nm]	Q [m ³ /s]	Pd [Pa]	n [rpm]	ω [m/s]	V [m/s]	Hman [m]	Hkin [m]	Hpres [m]	Htot [m]	Phyd [W]	Pout [W]	η [%]												
100	1	0,3	0,00063	300000	3950	29,83	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	22,27	11,5													
100	2	0,6	0,00063	300000	3600	28,521667	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	72,95	37,7													
100	3	0,9	0,00063	300000	3050	26,166667	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	94,12	48,64													
100	4	1,2	0,00063	300000	2575	24,858333	2,76	0,38	30,59	31,32	193,5	97,5	50,38													

3.2. Analisa Grafik

3.2.1. Grafik Daya (Watt) Terhadap Efisiensi (%)

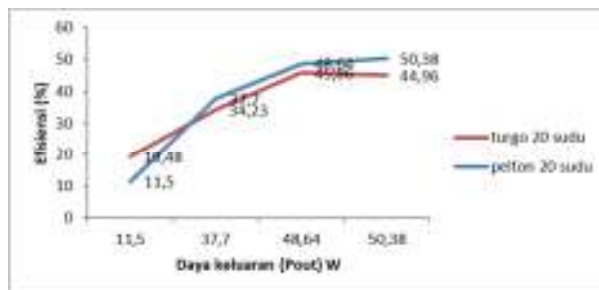
Daya (Pout) sangat berpengaruh pada efisiensi turbin sehingga semakin besar daya maka semakin besar pula efisiensi pada turbin tersebut.



Gambar 4. Grafik daya (Pout) bukaan nozzle 100% pada turbin turgo 20 sudu dan turbin pelton 20 sudu

Pada gambar 4, daya turbin turgo dan pelton yang terbesar dengan bukaan nozzle 100% turbin pelton menghasilkan 97,5 W sedangkan turbin turgo hanya 86,62W. Jadi yang terbesar ada pada turbin pelton.

A. Grafik Efisiensi (%)



Gambar 5. Grafik Efisiensi (%) bukaan nozzle 100% pada turbin turgo dan turbin pelton 20 sudu

Pada gambar 5, menunjukkan grafik efisiensi, efisiensi terbesar dari kedua grafik ada pada turbin pelton yaitu 50,38% pada bukaan nozzle 100% sedangkan turbin turgo hanya memiliki efisiensi terbesar yaitu 44,96% dengan pada bukaan nozzle 100%.

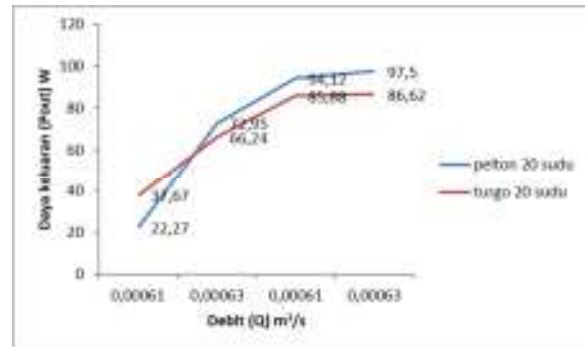
B. Efisiensi (%) Terhadap Putaran (Rpm)



Gambar 6. Grafik efisiensi (%) terhadap putaran (rpm) pada bukaan nozzle 100% pada turbin turgo 20 sudu dan turbin pelton 20 sudu

Dari gambar 6, dapat dilihat bahwa putaran dari runner sangat mempengaruhi terhadap efisiensi yang dihasilkan. Sehingga semakin besar putaran pada runner maka efisiensi yang dihasilkan juga semakin besar.

C. Daya (Pout) Terhadap Debit (Q)



Gambar 7. Grafik Daya (Pout) Terhadap Debit (Q) pada bukaan nozzle 100% pada turbin turgo 20 sudu dan turbin pelton 20 sudu

Pada gambar 7, dapat dilihat bahwa banyaknya daya yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh debit air yang melewati pipa sebelum diinjeksikan melalui nozzle. Jadi semakin besar debit air maka semakin besar daya yang dihasilkan oleh runner.

Dari hasil penelitian perbandingan yang telah dilakukan pada turbin turgo dengan 20 sudu dan turbin pelton dengan 20 sudu dapat disimpulkan

bahwa turbin pelton dengan 20 sudu lebih baik dari pada turbin turgo dengan 20 sudu. Banyak hal yang mempengaruhi hasil kinerja dari kedua turbin salah satunya adalah berat dari runner turbin yang mempengaruhi momentum dari putaran runner, hal ini juga mempengaruhi terhadap kinerja dari kedua runner yang tidak tetap. Faktor manufaktur yang tidak presisi juga mempengaruhi hasil dari kinerja turbin dikarenakan keseimbangan runner yang membuat air yang masuk kebagian dalam runner tidak dapat dimanfaatkan secara maksimal oleh sudu untuk merubah energi kinetik menjadi energi mekanik.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari hasil penelitian perbandingan turbin turgo dan turbin pelton sebagai berikut:

Berdasarkan analisa perbandingan daya dan efisiensi dari turbin turgo dan turbin pelton, daya yang dihasilkan turbin turgo 85,88 Watt dengan efisiensi 45,86% pada bukaan nozzle 100% sedangkan daya yang dihasilkan turbin pelton 97,5 Watt dengan efisiensi 50,38% pada bukaan nozzle 100%. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan bahwa turbin pelton memiliki daya dan efisiensi lebih tinggi dari pada turbin turgo setelah dilakukan pengamatan ada beberapa faktor yang menyebabkan daya dan efisiensi turbin turgo tidak maksimal yaitu berat ranner, pembuatan runner yang kurang presisi, kemiringan sudu dan posisi pancaran air. Torsi dan debit aliran sangat mempengaruhi daya dan efisiensi pada kedua turbin. Hal ini dikarenakan pembebanan pada turbin yang sangat membutuhkan torsi untuk menghasilkan daya dan efisiensi.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Wiyono, G. Heryana, W. Rahayu, A. P. Prakoso, and E. Taqwali, "Karakterisasi Performansi Modifikasi Sudu dan Variasi Head Total Turbin Pelton 9 Sudu," vol. IV, no. 2, pp. 87–91, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jwl/article/view/4108>
- [2] Jusuf Haurissa; Sitinjak Fernando, "Modifikasi Sudu Turbin Terhadap Kinerja Turbin Arus Lintang (Cross Flow Turbine) Dengan Menggunakan Metode Eksperimen," vol. 1, no. 12, pp. 28–32, 2013, [Online]. Available: <https://ojs.ustj.ac.id/dinamis/article/view/496>
- [3] F. N. Huda, "Pengaruh Penggunaan Material Komposit Dengan Stainless Pada Sudu Terhadap Kinerja Prototipe Turbin Pelton," 2020.
- [4] B. Bono And S. Suwarti, "Variasi Jumlah Sudu Dan Modifikasi Bentuk Nosel Pada Turbin Turgo Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," *Eksergi*, Vol. 15, No. 2, Pp. 81–92, 2019, Doi: 10.32497/Eksergi.V15i2.1510.
- [5] Ahrori; Ardy Hafid; Masruki Kabib; Rianto Wibowo, "Perancangan Dan Simulasi Turbin Pelton Daya," *Crankshaft*, Vol. 2, No. 2, Pp. 17–26, 2019, [Online]. Available: <https://Jurnal.Umk.Ac.Id/Index.Php/Cra/Article/View/3834>
- [6] D. S. Benzon, G. A. Aggidis, And J. S. Anagnostopoulos, "Development Of The Turgo Impulse Turbine: Past And Present," *Appl. Energy*, Vol. 166, Pp. 1–18, 2016, Doi: 10.1016/J.Apenergy.2015.12.091.
- [7] Muhammad Saleh Simamora, "Muhammad Saleh Simamora , Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pasir Pengaraian," *Peranc. Alat Uji Prestasi Turbin Pelt. Peranc.*, Pp. 1–9, 2012.
- [8] B. R. Cobb And K. V Sharp, "Impulse (Turgo And Pelton) Turbine Performance Characteristics And Their Impact On Pico-Hydro Installations," *Renew. Energy*, Vol. 50, Pp. 959–964, 2013, Doi: 10.1016/J.Renene.2012.08.010.