

## ANALISIS KINERJA TURBIN AIR TIPE ARUS ATAS DENGAN VARIASI 8 (DELAPAN) SUDU LENGKUNG

Gerard Antonini Duma<sup>1</sup>, Luther Sule<sup>2</sup>, Masbin Dahlan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Universitas Hasanuddin, Jl Poros Malino km 6,  
Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

<sup>2</sup> Department of Mechanical Engineering, Universitas Hasanuddin, Jl Poros Malino km 6,  
Bontomarannu, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia

<sup>3</sup> Agro-Industrial Manufacture Engineering Department, ATI Makassar Polytechnic,  
Jl. Sunu No.220, Suangga, Kec. Tallo, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90211

\*gerardduma@unhas.ac.id

Diterima: 14 12 2022

Direvisi: 16 12 2022

Disetujui: 25 01 2023

### ABSTRAK

Energi listrik sudah seharusnya menjadi kebutuhan pokok manusia karena modernisasi peradaban dunia membawa manfaat yang mempermudah pekerjaan. Namun permasalahannya populasi manusia semakin hari semakin meningkat, jika kebutuhan energi listrik juga semakin meningkat maka diperlukan terobosan baru untuk meningkatkan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Pembangkit listrik bertenaga air, menjadi salah satu energi yang dapat di manfaatkan, mengingat potensi air di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan sendiri sangat mempuni. Tujuan dari penelitian ini adalah untu menganalisis kinerja daya turbin air arus atas menggunakan 8 sudu lengkung dengan variasi pembebanan dan debit. Metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah studi kepustakaan (*Library Research*) dan studi Lapangan (*Field Research*) dan tahapannya adalah bah alat eksperimental menjadi objek penelitian yang dapat ditindaklanjuti, pengambilan data dilakukan langsung di laboratorium, menyiapkan data dan mendiskusikan hasil penelitian, serta menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan. Karakteristik kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu lengkung pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada pembukaan katup 100% di pembebanan 2 kg. Daya turbin air maksimum dihasilkan pada pembukaan katup 100% dengan beban 2 kg yang dihasilkan sebesar 8,1937 watt.

**Kata kunci:** Energi, Turbin air, kinerja, power, sudu lungkung

### ABSTRACT (English)

Electrical energy should be a basic human need because the modernization of world civilization brings benefits that make work easier. But the problem is that the human population is increasing day by day, and if the need for electrical energy is also increasing, a new breakthrough is needed to increase electrical energy to meet the needs of the community. Water-powered power plants are one of the energies that can be used, given the potential of water in Indonesia, particularly in South Sulawesi. The purpose of this research is to analyze the power performance of an up-current water turbine using eight curved blades with variations in loading and discharge. The methods used in this research are library study and field study, and the stages are that the experimental tool becomes a research object that can be followed up, data collection is carried out directly in the laboratory, preparing data and discussing research results, and drawing conclusions from the results of data processing and discussion. The performance characteristics of the 8-blade curved top current water turbine at variations in loading and discharge produce the highest value at 100% valve opening at 2 kg loading. The maximum water turbine power is generated at 100% valve opening with a load of 2 kg, which results in 8.1937 watts.

**Keywords:** Energy, water turbine, performance, power, blade

## PENDAHULUAN

Di sebagian besar negara di dunia termasuk Indonesia, penggunaan energi listrik masih bergantung pada pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil yaitu minyak bumi, gas alam dan batu bara yang saat ini sifatnya terbatas dan pada akhirnya akan habis seiring dengan kebutuhan energi listrik. Semakin meningkatnya oleh karena itu, kelangkaan energi saat ini diarahkan pada penggunaan energi terbarukan di alam [1]. Misalnya pembangkit listrik tenaga air, angin, matahari, panas bumi bahkan nuklir. Perlu diperhatikan bahwa bagi negara Indonesia resiko penggunaan energi nuklir sangat luar biasa, dapat merusak sistem genetika makhluk hidup, ada beberapa contohnya, begitu pula di kota Sernobil di Rusia dan di Jepang, pembangkit listrik tenaga nuklir yang kini menyiksa umat manusia rusak akibat tsunami, sehingga Indonesia yang kaya akan tenaga air masih tersedia di negara kita. Di banyak daerah pedesaan, terutama di saluran irigasi, potensi energi air cukup dan beberapa pabrik dapat dipasang di sepanjang saluran irigasi, hanya perlu mempelajari masalah pabrik yang cocok dan murah dengan menggunakan bahan alternatif yang pembuatannya tidak memerlukan keahlian khusus. Melampaui kebutuhan tersebut merupakan pionir dimana air benar-benar dapat digunakan sebagai sumber energi yang diubah menjadi energi listrik [2].

Energi listrik sudah seharusnya menjadi kebutuhan pokok manusia, karena bermanfaat bagi peradaban dunia yang semakin modern, sehingga setiap pekerjaan menjadi lebih mudah. Namun permasalahannya populasi manusia semakin hari semakin bertambah, jika kebutuhan akan tenaga listrik juga semakin meningkat maka diperlukan terobosan baru untuk menambah tenaga listrik untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Karena air dapat digunakan sebagai sumber energi listrik ekologis, ini juga patut dicoba. Dalam penelitian ini akan mempertimbangkan turbin aliran air bahan akrilik dengan bentuk sudu melengkung, 8 sudu. Turbin adalah penggerak utama yang menggunakan energi dari aliran fluida seperti air dan gas. Turbin air adalah turbin yang bekerja dengan menggunakan aliran air yang mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Dalam hal ini, air memiliki energi potensial yang menjadi mekanik yang menjaga sudu-sudu turbin. Energi mekanik ini kemudian diubah menjadi energi listrik oleh generator [3].

Prinsip fungsional turbin air adalah turbin air mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Energi mekanik diubah menjadi energi listrik oleh generator listrik. Berdasarkan prinsip pengoperasian turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik. Semburan air dengan energi potensial disemprotkan ke bilah turbin oleh nosel. Perputaran sudu-sudu juga menyebabkan poros turbin bergerak, kemudian putaran poros turbin diteruskan ke generator listrik untuk diubah menjadi energi listrik. Berdasarkan prinsip kerja turbin dalam mengubah energi potensial air menjadi energi mekanik, turbin air dibagi menjadi dua kelompok yaitu turbin impuls dan turbin reaksi [4].



**Gambar 1.** Turbin *pelton* dan Turbin *Turgo*

Turbin Pelton adalah turbin impuls. Turbin Pelton terdiri dari serangkaian bilah yang diputar oleh semburan air yang disuntikkan oleh satu atau lebih perangkat. Turbin Pelton adalah salah satu jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin ketinggian tinggi. Turbin Turgo dapat beroperasi pada ketinggian 30-300 meter. Seperti turbin Pelton, turbin Turgo adalah turbin impuls, tetapi sudunya berbeda. Pancaran air yang keluar dari nosel membentuk sayap dengan sudut

200. Kecepatan turbin Turgo lebih tinggi daripada turbin Pelton. Hal ini memungkinkan pengiriman langsung dari turbin ke generator, meningkatkan efisiensi keseluruhan dan mengurangi biaya perawatan [5].

## METODE PENELITIAN

Untuk mendapatkan informasi yang diperlukan untuk penyusunan penelitian ini, dilakukan pengumpulan data dengan uji laboratorium dan validasi hasil. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam proses penelitian adalah sebagai berikut [7]:

### Penelitian kepustakaan

Kegiatan membaca dan mengumpulkan informasi teoretis dari buku-buku, karya ilmiah, literatur, dan catatan kuliah tentang topik yang sedang dibahas untuk mendapatkan dasar pemecahan masalah.

### Studi lapangan (field research)

Diperoleh dengan cara mengumpulkan data secara langsung dari analisis yang dilakukan di tempat penelitian, meliputi seluruh hasil penelitian, foto dan informasi yang berkaitan dengan penelitian. Ini bisa berupa teks dan gambar, jadi kelolalah dalam bentuk tabel dan grafik.

### Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan penulis untuk mengumpulkan data guna melengkapi penelitian ini adalah: Ubah alat eksperimental menjadi objek penelitian yang dapat ditindaklanjuti, pengambilan data dilakukan langsung di laboratorium, menyiapkan data dan mendiskusikan hasil penelitian dan menarik kesimpulan dari hasil pengolahan data dan pembahasan.

### Prosedur Pengambilan Data

- Periksa kondisi test setup yang digunakan, terutama ketinggian air di tangki air  $\pm 30$  cm.
- Pemasangan sudu turbin air yang memiliki sudu melengkung.
- Hubungkan pompa ke listrik.
- Atur debit air awal dengan bukaan valve yang diinginkan yaitu 50%, 75%, 100%.
- Jalankan pompa hingga mencapai kondisi air stabil. 6. Ukur debit air yang mengalir dengan ember yang dilengkapi stopwatch. Dilakukan 3 kali pengukuran kemudian dicari rata-ratanya yang bertujuan untuk mendapatkan nilai yang akurat.
- Beban katrol dengan 0,5 kg. 8. Kemudian gunakan stopwatch untuk menghitung jumlah putaran kincir air selama satu menit.
- Setelah satu menit, stopwatch akan berhenti dan merekam data siklus air yang dihasilkan. Pengukuran akhir dilakukan sebanyak 3 kali dan setelah itu baru dicari rata-rata yang tujuannya adalah untuk mendapatkan nilai yang akurat.
- Ubah beban pada roda beban dari masing-masing 0,5 kg menjadi 3 kg. Setelah itu, ulangi langkah 8-9.
- Kemudian ubah posisi katup dari 75 menjadi 100% pada setiap bukaan lalu ulangi langkah 5-10.
- Setelah semua informasi diperoleh dari pengujian turbin air sudu lengkung hulu, pompa dimatikan dengan mematikan sumber tenaga listrik.
- Letakkan kembali alat dan bahan pada tempatnya.

### Persamaan yang digunakan

Setelah parameter data hasil pengujian yang diinginkan diperoleh, dilakukan analisis untuk menentukan alasan yang mempengaruhi data yang diperoleh. Parameter yang dihitung adalah [6]:

### Debit (Q)

Debit dapat diartikan sebagai volume air yang mengalir setiap detik ( $m^3/s$ ), dimana debit air dapat dicari dengan persamaan berikut ini.

$$Q = \frac{v}{t} \quad (1)$$

### Kecepatan Aliran Air (v)

Kecepatan aliran air adalah banyaknya air yang mengalir dengan kecepatan tertentu persatuan waktu.

$$v = \frac{Q}{A} \quad (2)$$

### Daya Air ( $P_{air}$ )

Daya air adalah daya yang diberikan air terhadap sudu roda air atau daya yang tersedia pada air yang mengalir. Daya input yang dihasilkan oleh roda air tergantung pada kecepatan air dan debit air yang mengalir. Pada pengujian aliran air lah yang dimanfaatkan untuk menggerakkan roda air dengan kata lain energi ikinetik air yang digunakan untuk menggerakkan sudu. Sehingga persamaan yang digunakan yaitu:

$$P_{air} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot Q \cdot v^2 \quad (3)$$

### Daya Roda Air ( $P_{roda\ air}$ )

Daya roda air adalah daya yang berguna dari roda air. Daya *output* yang dihasilkan oleh roda air arus bawah tergantung pada kecepatan air, luas penampang dan putaran roda air itu sendiri. Dari perhitungan torsi kincir dan kecepatan sudut maka diperoleh persamaan daya *output* roda air, yang dapat dituliskan sebagai berikut.

$$P_{roda\ air} = T \cdot \omega \quad (4)$$

### Efisiensi Roda Air

Dalam menentukan efisiensi daya dari suatu roda air tergantung daya *input* dan daya *output* roda air, yang dapat dituliskan dalam bentuk persamaan.

$$\eta_{ra} = \frac{P_{roda\ air}}{P_{air}} \times 100\% \quad (5)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

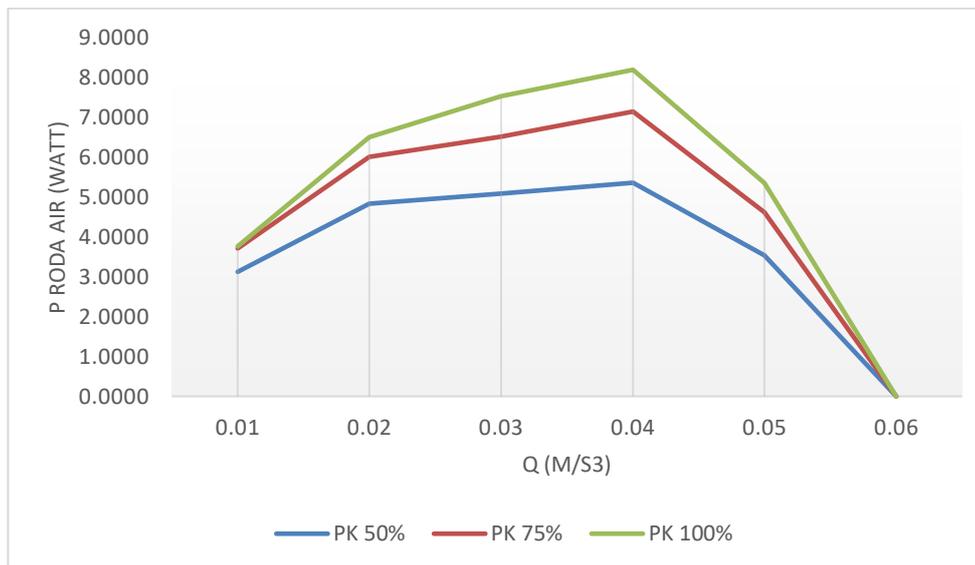
Data hasil pengujian spill water turbin sudu lengkung dengan beban 2 kg pada bukaan valve 100% adalah sebagai berikut :

### Hubungan Daya Roda Air dengan Debit Air

Tabel dibawah memperlihatkan hubungan daya maksimum kincir air dengan debit air pada variasi bukaan katup yang diperoleh dari pengujian turbin air luapan sudu lengkung.

**Tabel 1.** Hubungan daya roda air terhadap debit air pada variasi pembukaan katup

Pembukaan Katup	Beban (kg)	$P_{roda\ air}$ (watt)	Debit ( $m^3/s$ )
50%	0,5	3,1233	0,000437
	1	4,8344	
	1,5	5,0819	
	2	5,3597	
	2,5	3,5416	
	3	0	
75%	0,5	3,7157	0,000469
	1	6,0046	
	1,5	6,5141	
	2	7,1463	
	2,5	4,6208	
	3	0	
100%	0,5	3,7695	0,00048
	1	6,4973	
	1,5	7,5305	
	2	8,1937	
	2,5	5,3524	
	3	0	



**Gambar 2.** Hubungan daya roda air terhadap debit air

Gambar diatas memperlihatkan hubungan antara daya kincir air dengan kebocoran air berupa charger yang melengkung, dimana kebocoran air mengakibatkan nilai daya kincir air yang tidak konstan pada setiap bukaan valve. Bukaan klep yang menghasilkan keluaran kincir air tertinggi sebesar 8,1937-watt pada bukaan klep 100%. Saat membuka 50 katup dengan debit 0,000437 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3,1233-watt pada beban 0,5 kg, beban 1 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 4,8344 watt, beban 3,123 watt. Beban 1,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,0819 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,3597 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 3,5416-watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 0 watt. Dengan bukaan valve 75° dengan debit aliran 0.000469 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3.7157-watt dengan beban 0.5 kg, beban 1 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 6.0046 watt, beban 1.5 kg menghasilkan air tenaga roda. sebesar 6,5141 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 7,1463 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 4,6208-watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 0 watt. Dengan bukaan 100 klep dan debit aliran 0,00048 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3,7695 watt dengan beban 0,5 kg, dengan daya kincir air sebesar 6,4973 watt dengan beban 1,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 7,5305 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 8,1937 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,3524 watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 0 watt. Hal ini dikarenakan semakin besar bukaan katup air yaitu semakin besar aliran air maka besar kecilnya aliran air dipengaruhi sehingga energi air yang naik mengenai sudu-sudu turbin air.

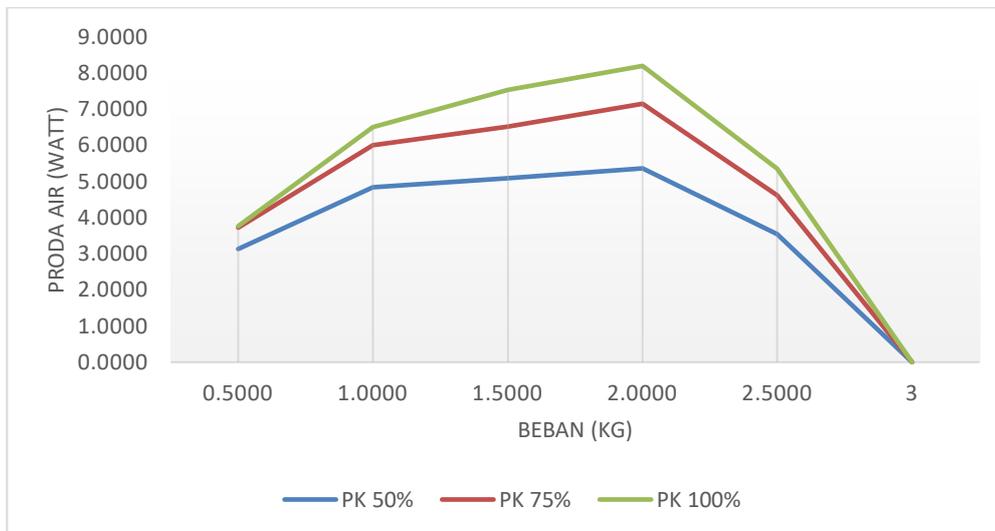
#### Hubungan Beban dengan Daya Roda Air

Tabel dibawah menunjukkan hubungan antara efisiensi kincir air dan debit air serta variasi bukaan katup yang diperoleh pada perhitungan uji turbin air luapan sudu melengkung.

**Tabel 2.** Hubungan daya roda air terhadap beban pada variasi pembukaan katup

Pembukaan Katup	Debit (m <sup>3</sup> /s)	P <sub>roda air</sub>	Beban (kg)
50%	0,000437	3,1233	0,5
		4,8344	1
		5,0819	1,5
		5,3597	2
		3,5416	2,5
		0	3
75%	0,000469	3,7157	0,5
		6,0046	1
		6,5141	1,5
		7,1463	2
		4,6208	2,5
		0	3
100%	0,00048	3,7695	0,5

6,4973	1
7,5305	1,5
8,1937	2
5,3524	2,5
0	3



**Gambar 3.** Hubungan daya roda air terhadap beban

Gambar diatas memperlihatkan hubungan antara daya kincir air dengan beban berupa sayap melengkung, dimana beban tersebut mengakibatkan nilai daya kincir air tidak stabil pada setiap bukaan valve. Bukaan klep yang menghasilkan daya kincir air tertinggi adalah 8,1937 watt pada bukaan klep 100%. Saat membuka 50 katup dengan debit 0,000437 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3,1233 watt pada beban 0,5 kg, beban 1 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 4,8344 watt, beban 3,123 watt. Beban 1,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,0819 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,3597 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 3,5416 watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 0 watt. Saat katup 75° terbuka dengan debit aliran 0.000469 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3.7157 watt dengan beban 0.5 kg, beban 1 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 6.0046 watt, beban 1,5 kg Daya kincir air sebesar 6,5141 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air 7,1463 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air 4,6208 watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 7,1463 watt. 0 watt. Dengan bukaan 100 klep dan debit aliran 0,00048 m<sup>3</sup>/s menghasilkan daya kincir air sebesar 3,7695 watt dengan beban 0,5 kg, dengan daya kincir air sebesar 6,4973 watt dengan beban 1,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 7,5305 watt, beban 2 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 8,1937 watt, beban 2,5 kg menghasilkan daya kincir air sebesar 5,3524 watt dan beban 3 kg menghasilkan daya kincir air 0 watt. Hubungan antara beban dan daya kincir air ditunjukkan pada diagram. Semakin berat beban, semakin besar kekuatan kincir air. Namun dengan beban maksimal 3 kg, daya sepeda air ini adalah 0 watt. Dari sini dapat disimpulkan bahwa beban optimal antara rasio daya kincir air adalah beban 2 kg.

### KESIMPULAN

Karakteristik kinerja turbin air arus atas 8 (delapan) sudu lengkung pada variasi pembebanan dan debit menghasilkan nilai yang tertinggi pada pembukaan katup 100% di pembebanan 2 kg. Daya turbin air maksimum dihasilkan pada pembukaan katup 100% dengan beban 2 kg yang dihasilkan sebesar 8,1937 watt.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta karunia yang tidak ternilai harganya dan tak akan mampu terbalas dengan apapun juga. Salam dan shalawat tak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah SAW atas semua hadits dan sunah – sunahnya yang masih sering penulis ingkari. Sembah sujud dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang telah memberikan kasih sayang tulus dan tanpa pamrih. Karya ini kami persembahkan kepada keduanya sebagai wujud bakti kami kepada mereka.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adam, A., 2021. *Analisis Kinerja Turbin Air Arus Bawah Bentuk Sudu Bengkok 45° Untuk Pembangkit Listrik Dengan Variasi Material*. Universitas Hasanuddin.
- [2] Eduardus, M., 2020. *Unjuk Kerja Kincir Air Overshoot 8 Sudu Berdiameter 120 cm Terhadap Debit*. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- [3] Fahdita, Ali Akbar Muthahhari., 2020. *Evaluasi Bukaannya Wicket Gate Dan Pintu Air Terhadap Putaran Generator Pada Very Low Head Water Turbine*. Institut Teknologi Nasional Bandung, 8 - 9
- [4] Harjanto, N.T., 2008. *Dampak Lingkungan Pusat Listrik Tenaga Fosil dan Prospek PLTN Sebagai Sumber Energi Listrik Nasional*. Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Batan.
- [5] Jasa, L, Priyadi., & Purnomo, M. H, 2014. *An alternative model of overshoot waterwheel based on tracking nozzle angle technique for hydropower converter*. International Journal of Renewable Energy Research, 4(4), 1013-1019. <http://doi.org/10.20508/36821>.
- [6] Sule, L., 2015. *Kinerja Yang Dihasilkan Oleh Kincir Air Arus Bawah Dengan Sudu Berbentuk Mangkok*. Procending Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV).
- [7] Yohanes Morong, J., 2016. *Rancang Bangun Kincir Air Irigasi Sebagai Pembangkit Listrik di Desa Talawaan (pp. 1–35)*. Politeknik Negeri Manado.