

Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Terapung Dengan Metode *Pahl And Beitz*

Doly brata siregar^a, Heri suripto^{b,*}, Purwo Subekti^c

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pasir Pengaraian, Jl. Tuanku Tambusai, Rambah, Pasir Pengairan, Kabupaten Rokan Hulu, Riau 28558 I

INFO ARTIKEL

Tersedia Online 17 April 2022

ABSTRAK

Air merupakan salah satu sumber *energy* terbarukan yang murah dan *relative* mudah didapatkan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan dan pembuatan *prototype* pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung yang memanfaatkan adanya suatu aliran irigasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Pahl and Beitz*, adapun tahapan-tahapan dalam metode *pahl and beitz* ini di antaranya sebagai berikut: a) perancangan dan penjelasan tugas, b) perancangan konsep produk, c) perancangan bentuk produk, d) perancangan detail. Hasil rancang bangun *prototype* pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung ini di peroleh: Ukuran geometris alat ini adalah 150 cm x 173 cm x 60 cm. Dengan dimensi pendukung: Diameter kincir 60 cm, panjang kincir 80 cm, lebar sudu 10 cm, putaran kincir 33Rpm, memiliki 3 transmisi dengan putaran akhir sebesar: 730 Rpm, dan generator 1894 Rpm dan output: 250 Watt. Serta hasil maksimum tegangan rata-rata sebesar: 39,61 Volt, daya rata-rata sebesar: 5,90 Watt, dan kuat arus rata-rata sebesar: 0,60 ampere maka didapatkan ukuran pelampung yang sesuai untuk menahan beban alat ini yaitu pelampung yang berupa jerigen berjumlah 4 unit dengan ukuran 30 liter. Komponen alat ini terdiri dari : kincir, kerangka, pelampung, transmisi, generator, volt meter, dan bearing.

Kata kunci: Air, Metode *pahl and beitz*, *Prototype* Pembangkit Listrik, Piko Hidro Terapung.

E – MAIL

^adolibratasiregar17@gmail.com

*^bCorresponding Author:
heri.suriptodotone@gmail.com

ABSTRACT

Water is a renewable energy source that is cheap and relatively easy to obtain. In this research, the design and manufacture of a prototype of a floating pico hydro power plant that utilizes an irrigation flow is carried out. The method used in this research is the Pahl and Beitz method, while the stages in the Pahl and Beitz method are as follows: a) design and task description, b) product concept design, c) product form design, d) detailed design. The results of the prototype design for this floating pico hydro power plant were obtained: The geometric size of this tool is 150 cm x 173 cm x 60 cm. With supporting dimensions: 60 cm in diameter, 80 cm in length, 10 cm in width, 33Rpm in rotation, has 3 transmissions with a final rotation of: 730 Rpm, and a generator of 1894 Rpm and output: 250 Watts. As well as the maximum result of the average voltage of: 39.61 Volt, the average power of: 5.90 Watt, and the average current strength of: 0.60 amperes, the size of the float that is suitable to withstand the load of this tool is a buoy in the form of jerry cans are 4 units with a size of 30 liters. The components of this tool consist of: pinwheel, frame, buoy, transmission, generator, volt meter, and bearing.

Keywords: Water, Pahl and Beitz Method, Prototype of Power Generation, Floating Piko Hydro.

I. PENDAHULUAN

Di era globalisasi saat ini, kebutuhan energi listrik telah menjadi kebutuhan utama setiap manusia di dunia. Disamping kebutuhan primer lainnya listrik sesungguhnya memiliki peranan penting dalam menggerakkan setiap aktivitas

manusia. Terutama dalam menggerakkan roda perekonomian dunia [1].

Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi air yang dapat dikembangkan menjadi energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air. Pembangkit listrik tenaga air di

Indonesia banyak dikembangkan karena persediaan air di Indonesia cukup melimpah. Keberadaan beberapa waduk besar di Indonesia selain digunakan untuk menyimpan air juga digunakan untuk pembangkit listrik. Hal ini ditujukan untuk menciptakan biaya produksi yang murah pada listrik di Indonesia [2].

Indonesia memiliki potensi energi air hingga 75.000 MW. Namun, tingkat pemanfaatannya kurang dari 8%. Perlu adanya terobosan dalam mendorong pemanfaatan potensi energi air tersebut[3].

Potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air mencapai angka 65.764 MW, sementara yang dapat dimanfaatkan hanya 17,4% saja, kendala terbesar dari Energi Baru Terbarukan (EBT) adalah biaya investasi yang sangat tinggi, sumber daya manusia yang kurang terlatih, sistem regulasi yang panjang dan juga lokasinya yang tidak terjangkau [4]. Salah satu contoh penelitian terkait energi air seperti desain dan pengembangan prototipe alat uji pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan *back flow water system* menyimpulkan bahwa pembangkit mampu menghasilkan daya sebesar 200 watt dan sistem dapat beroperasi dengan baik [5]. Kemudian perancangan kincir pembangkit listrik terapung tenaga air dengan model kincir lengan fleksibel. Hasil dari penelitian menunjukkan menunjukkan bahwa (1) Bentuk rancangan pembangkit listrik terapung arus sungai skala piko hidro ini memiliki dua kincir dengan diameter 1,5 m yang dipasang satu poros secara berselisihan antar jari-jarinya. Pada masing-masing kincir memiliki 12 sudu model sayap kupu-kupu dengan lengan fleksibel. (2) Sudut tekuk lengan fleksibel 20° lebih optimal dibandingkan dengan sudut tekuk lengan fleksibel yang lainnya. (3) Nilai tegangan, arus dan daya pada kedalaman sudu 0.44 m lebih optimal dibandingkan dengan kedalaman sudu 0.24 m [6].

Pada prakteknya energi air yang dimanfaatkan hanya energi air yang besar saja, sehingga di berbagai tempat banyak yang mempunyai potensi energi air kecil yang tidak dimanfaatkan. Di sisi lain, masih banyak kelompok masyarakat terpencil yang tidak merasakan manfaat dari distribusi listrik pusat. Sehingga diperlukan teknologi terapan untuk memanfaatkan potensi-potensi air tersebut [7].

Piko Hidro adalah teknologi yang menggunakan potensi energi air dengan head yang sangat rendah (1-3 meter) dengan jumlah besar. Piko *Hydro* menggunakan turbin sederhana yang mudah dipasang dan tidak merusak kehidupan air seperti ikan. Selain itu, Piko *Hydro* sangat mudah digunakan dan dirawat. Daya listrik maksimum yang dapat dihasilkan Piko Hidro

adalah 1kw. Turbin air ini sangat cocok untuk aplikasi di sungai atau saluran irigasi dengan kedalaman 1,5 meter atau lebih dengan debit air lebih besar dari 0,25 meter kubik per detik [8].

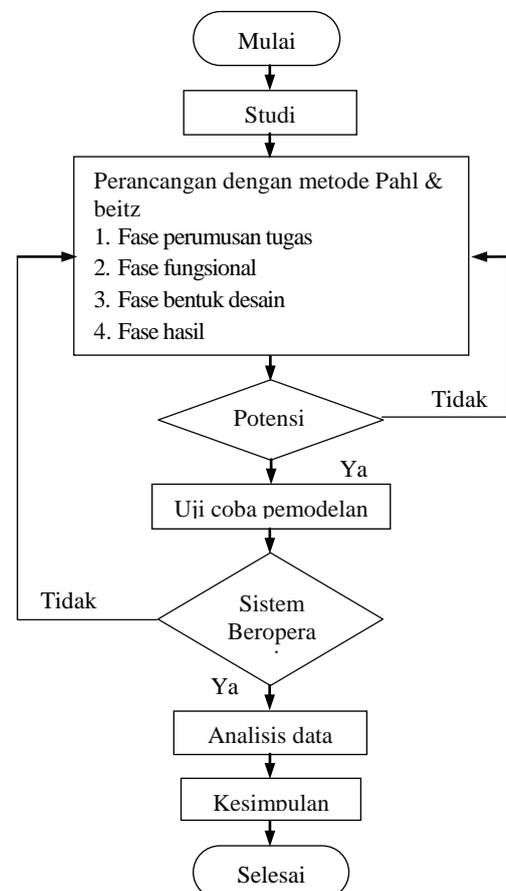
Dari latar belakang dan beberapa artikel penelitian terdahulu maka penulis ingin melakukan penelitian Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Terapung Dengan Metode *Pahl And Beitz* dengan skala lab dalam memanfaatkan sumber daya alam yang ada.

II. MATERIAL DAN METODE

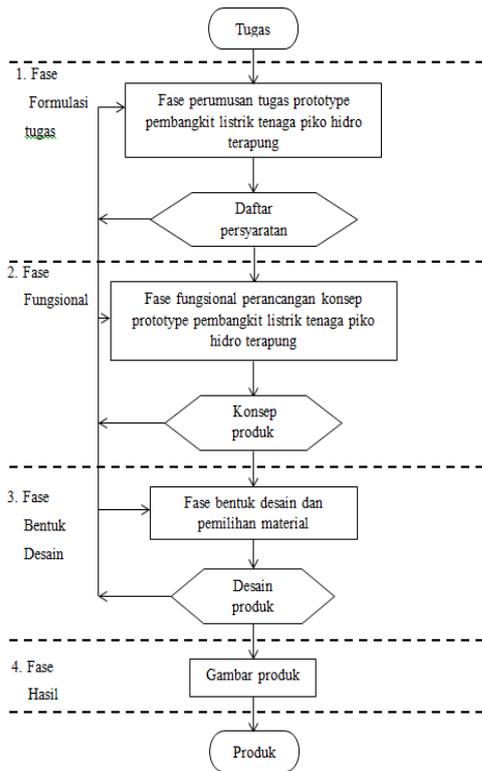
2.2 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini mendesain dan mengembangkan *prototype* alat uji pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung dengan Metode *Pahl And Beitz*, alur penelitian disajikan pada gambar 1 dan gambar 2 Perancangan dan pembuatan sistem ini menggunakan metode *Pahl And Beitz*. Setelah alat dirancang dan dibuat, maka dilakukan pengujian pada pembangkit tersebut dengan cara pengamatan dan pencatatan data-data yang ditunjukkan pada alat ukur. Adapun tahap perancangan menurut *pahl and beitz* terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Fase perumusan tugas
2. Fase fungsional
3. Fase bentuk desain
4. Fase hasil



Gambar 1. Diagram alir penelitian



Gambar 2. Diagram alir proses perancangan pahl and beitz

2.2 Alat dan Bahan

Dalam pembuatan kincir air dan pengujiannya ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang kegiatan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

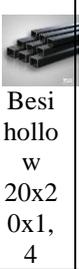
Tabel 1. Matrik morfologi alat

No	Alat	Spesifikasi
1	Mesin las	 Las listrik
2	Bor	 Bor tangan  Bor duduk

3	Gerinda	 Gerinda tangan  Gerinda duduk
4	Siku	 Siku besi
5	Mistar	 Mistar baja
6	Meteran	 Meteran tukang
7	Palu	 Palu besi
8	Kunci-Kunci	 Toolset

Tabel 2. Matrik morfologi bahan

NO	Sub Fungsi	Varian			
		1	2	3	4
1	Bahan Rangka	 Besi hollo w 3,5x 3,5x 1,4	 Besi siku 5x5x3	 Besi plat	 Besi beton
2	Bahan sudu	 Pipa PVC 10 inch	 Plat Aluminium	 Plat besi	-

3	Jari-jari kincir	 Besi hollow 20x20x1,4	 Besi as bulat	 Besi strip	-
4	Transmisi	 Roda gigi	 Rantai dan gear	 Sabuk dan puli	-
5	Bahan pengikat	 Baut	 Paku keeling	 Kawat	 Tali
6	Bahan Pewarna	 Cat besi	 Cat dindin g	 Cat lukis	-

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Fase Formulasi Tugas

Dari hasil survei yang di laksanakan di irigasi sipogas pada bulan mei 2021 didapatkan data sebagai berikut:

- a) Luas penampang irigasi

Dari persamaan (1) halaman 15 untuk menentukan luas penampang air dapat dirumuskan sebagai berikut [9]:

$$LP = \frac{LD+LA}{2} \times TA$$

$$LP = \frac{1,95+2,92}{2} \times 0,3$$

$$LP = 0,73m^2$$

- b) Luas penampang saluran

Dari persamaan (2) halaman 15 untuk menentukan luas penampang Saluran masuk kincir pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung dapat dirumuskan sebagai berikut [10]:

$$A = y \times l$$

$$A = 0,18m \times 1,73 m$$

$$A = 0,31m^2$$

- c) Kecepatan aliran air

dari persamaan (3) halaman 15 untuk menentukan kecepatan aliran air dapat dirumuskan sebagai berikut [11]:

$$V = \frac{1}{t}$$

$$V = \frac{3}{3,77}$$

$$V = 0,79 (m/s)$$

Maka dari persamaan (4) halaman 16 untuk menentukan debit air dapat dirumuskan sebagai berikut [12]:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0,31 \times 0,79$$

$$Q = 0,24 (m^3/s)$$

3.2 Fase Fungsional

Pada fase fungsional di lakukan perancangan konsep prototype pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung, untuk merancang sebuah kincir dapat ditentukan dengan rumus perhitungan sebagai berikut:

1. Tinggi sudu

Dari persamaan (5) halaman 16 untuk menentukan lebar sudu kincir dapat dirumuskan sebagai berikut [11]:

$$h = \frac{\frac{1}{3} \times D0}{2}$$

$$h = \frac{\frac{1}{3} \times 0,6}{2}$$

$$h = 0,1m$$

2. Jumlah sudu

Dari persamaan (9) halaman 17 untuk menentukan diameter jumlah sudu dapat dirumuskan sebagai berikut [11]:

$$Z = \frac{360}{\frac{y}{360}} = \frac{360}{48,18} = 7,47 = 8 \text{ buah}$$

3. Jumlah sudu yang aktif

Dari persamaan (10) halaman 17 untuk menentukan jumlah sudu yang aktif dapat dirumuskan sebagai berikut [12]:

$$N (\text{dalam rps}) = \frac{N (\text{dalam rpm})}{60} = \frac{33}{60} = \frac{11}{20}$$

$$\text{Jumlah sudu} = 8$$

maka:

$$i = N (\text{dalam rps}) \times z$$

$$i = \frac{11}{20} \times 8$$

$$i = 4,4$$

4. Kapasitas air yang diterima oleh tiap sudu yang aktif

Dari persamaan (11) halaman 18 untuk menentukan Kapasitas air yang diterima oleh tiap sudu yang aktif dapat dirumuskan sebagai berikut [12]:

$$q = \frac{Q}{i} = \frac{0,246006}{4,4}$$

$q = 0,05$

5. Lebar sudu

Dari persamaan (12) halaman 18 untuk menentukan panjang sudu dapat dirumuskan sebagai berikut [13]:

$$L = 4 \frac{q}{\pi r^2}$$

$$L = 4 \frac{0,05}{3,14 \times 0,3}$$

$$L = 0,791372 = 80\text{cm}$$

6. Diameter poros

Dari persamaan (13) halaman 18 untuk menentukan diameter poros kincir dapat dirumuskan sebagai berikut [14]:

$$dp = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times K t x C b x T \right]^{1/3}$$

$$dp = \left[\frac{5,1}{2,66} \times 1,5 \times 1 \times 10,584 \right]^{1/3}$$

$$dp = [30,438,94]^{1/3}$$

$$dp = 31,22 \text{ mm}$$

4.3 Fase Bentuk Desain

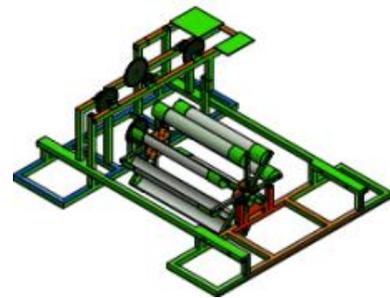
Pada fase ini di lakukan desain produk dan pemilihan material berdasarkan fase sebelumnya adapun desain produk dan material yang di gunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Spesifikasi produk

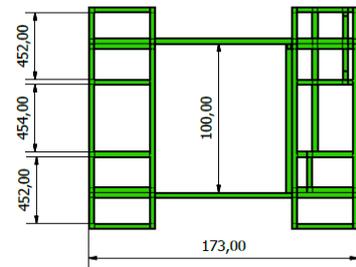
NO	KOMPONEN	UKURAN	SATUAN
1	Kerangka 1	Panjang =150	cm
		Lebar =41,5	
		Tinggi =14,8	
2	Kerangka 2	Panjang =150	cm
		Lebar =41,5	
		Tinggi =60	
3	Kincir	Ø =60	Cm
		Lebar =80	
4	Transmisi 1	Ø Gear Besar =19	Cm
		Jumlah Gigi =48	T
		Ø Gear Kecil =7	Cm
		Jumlah Gigi =16	T
5	Transmisi 2	Ø Gear Besar =18	Cm
		Jumlah Gigi =44	
		Ø Gear Kecil =7,5	Cm

		Jumlah Gigi =18	T
6	Transmisi 3	Ø Gear Besar =18	Cm
		Jumlah Gigi =44	T
		Ø Gear Kecil =7,5	Cm
		Jumlah Gigi =18	T
7	Generator	Putaran =2750	Rpm
		Daya Output =250	Watt

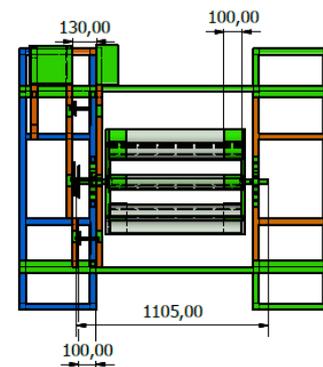
Gambar yang akan di gunakan yaitu di gambar menggunakan software inventor 2015, gambarnya adalah sebagai berikut:



Gambar 3. Kerangka Kincir



Gambar 4. Keseluruhan alat tampak samping



Gambar 5. Keseluruhan Tampak Atas

4.4 Fase Hasil

Dari hasil pengujian yang dilakukan mendapatkan informasi bahwa unit kincir Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Terapung seperti yang disajikan pada Gambar 4.5, menghasilkan tegangan rata-rata sebesar: 39,61volt, daya rata-rata sebesar: 5,90watt, dan kuat arus rata-rata sebesar: 0,60amp. Berdasarkan uji kinerja di lapangan lampu yang di gunakan berjumlah 10 buah dengan total daya 91 watt, semua lampu yang di gunakan menyala.



Gambar 6. Pengujian Unit *Prototype*

Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Terapung

Tabel 4. Data Hasil pengujian lapangan dengan kedalaman 5 cm

No	jenis pengujian	Nilai			Rata-rata	Satuan
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		
1	Daya generator	1,23	1,05	1,51	1,26	Watt
2	Tegangan	8,2	8,1	8,4	8,23	volt
3	Ampere	0,15	0,13	0,18	0,15	amp

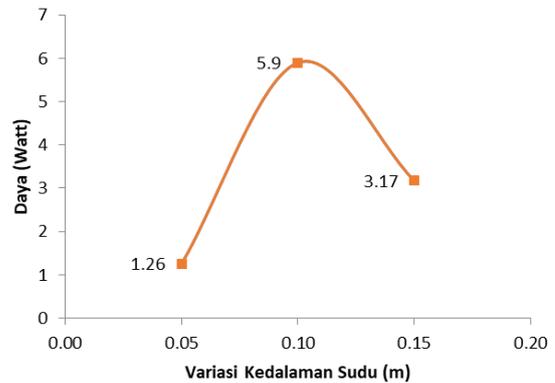
Tabel 5. Data Hasil pengujian lapangan dengan kedalaman 10 cm

No	jenis pengujian	Nilai			Rata-rata	Satuan
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		
1	Daya generator	5,94	6,25	5,53	5,90	Watt
2	Tegangan	9,91	9,93	9,89	39,61	volt
3	Ampere	0,60	0,63	0,58	0,60	amp

Tabel 6. Data Hasil pengujian lapangan dengan kedalaman 15 cm

Gambar di bawah ini menunjukkan grafik hubungan antara kedalaman sudu kincir dengan daya yang di hasilkan generator.

No	jenis pengujian	Nilai			Rata-rata	Satuan
		Pengujian 1	Pengujian 2	Pengujian 3		
1	Daya generator	3,02	3,30	3,20	3,17	Watt
2	Tegangan	9,16	9,18	9,17	9,17	volt
3	Ampere	0,33	0,36	0,35	0,34	amp



Gambar 7. Grafik Hubungan Antara Kedalaman Sudu Kincir Dengan Daya Yang Di Hasilkan Generator

Dari grafik dapat di lihat bahwa daya rata-rata yang dihasilkan generator terendah diperoleh pada kedalaman sudu 0,05 m dengan daya rata-rata yang di hasilkan sebesar 1,26 watt. Sedangkan daya rata-rata yang dihasilkan generator tertinggi diperoleh pada kedalaman sudu 0,1 m dengan daya rata-rata yang di hasilkan sebesar 5,9 watt. Berdasarkan uji kinerja di lapangan lampu yang di gunakan berjumlah 10 buah, jenis bola lampu yang digunakan yaitu jenis *light emitting diode* (LED), dengan tipe arus yang digunakan adalah arus *direct current* (DC) Hal ini menunjukkan bahwa kedalaman sudu kincir dapat mempengaruhi daya yang di hasilkan generator.

IV KESIMPULAN

Dari hasil rancang bangun *prototype* pembangkit listrik tenaga piko hidro terapung ini, maka di peroleh kesimpulan sebagai berikut:

Ukuran geometris alat ini adalah 150 cm x 173 cm x 60 cm, memiliki dimensi pendukung; Diameter kincir 60 cm, panjang kincir 80 cm, tinggi sudu 10 cm. Serta memiliki hasil maksimum tegangan rata-rata sebesar: 39,61volt, daya rata-rata sebesar: 5,90watt, kuat arus rata-rata sebesar: 0,60amp, putaran kincir sebesar: 33 rpm, dengan putaran generator sebesar: 1894 rpm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Ghopur, "Energi Listrik dalam Dilema," 2009. .
- [2] S. Widodo, K. Suharno, S. Mujiarto, and N. R. Rasyidi, "Pengaruh Variasi Jumlah Sudu

- Pada Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Air Terhadap Daya Yang Dihasilkan,” *J. Mech. Eng.*, vol. 2, no. 2, 2018, doi: 10.31002/jom.v2i2.1439.
- [3] R. Prakoso, “Indonesia Punya Potensi Energi Air 75.000 MW,” 2018. .
- [4] E. A. Putra, “Perancangan desain pembangkit listrik tenaga air,” p. 99, 2018.
- [5] H. Suropto and S. Anwar, “Pembuatan Mesin Pencacah Single Blade Kapasitas 100 kg/jam dengan Metode Pahl & Beitz,” *heri suripto*, vol. 5, no. 2, p. 221, 2020, doi: 10.31544/jtera.v5.i2.2020.221-230.
- [6] G. S. Pendidikan and S. Azis, “Terapung Tenaga Air Dengan Model,” 2019.
- [7] D. Prihartanto, “Turbin Aliran Silang Dengan Jumlah Sudu 16 Untuk Pembangkit Listrik,” p. 2, 2018.
- [8] H. Simbolon, “Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro, Cocok untuk Daerah Terpencil,” 2019. .
- [9] Ruslan Wirosodarmo, D. Rahadi Bambang, and Saktia Indra Laksana, “Evaluasi Efisiensi Saluran Terhadap Debit Aliran Air pada Jaringan Irigasi Purwodadi Magetan , Jawa Timur Irrigation Efficiency Evaluation to the Water Flow at the Purwodadi Irrigation,” pp. 16–24, 2018.
- [10] M. Sauf, R. Balaka, and L. Hasanudin, “Simulasi Sudut Serang Aliran Air Terhadap Kincir Air Aliran Bawah,” vol. 4, no. 4, pp. 136–142, 2019.
- [11] Massugianto, A. Fadli, L. O. Musa, and Suryanto, “Rancang Bangun dan Analisa Kinerja Roda Turbin Undershot Dengan Memanfaatkan Air Buangan,” pp. 47–61, 2015.
- [12] C. B. K. Sampurno, “Unjuk Kerja Kincir Air Undershot Dengan Sudu Setengah Silinder,” 2012.
- [13] Wariito, D. Adanta, S. A. Arifianto, S. B. Nasution, and Budiarmo, “Effect of Blades Number on Undershot Waterwheel Performance with Variable Inlet Velocity,” *Proc. - 2018 4th Int. Conf. Sci. Technol. ICST 2018*, no. 4749, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1109/ICSTC.2018.8528714.
- [14] I. G. A. D. Unggul Wibawa, Hari Santoso, “Perancangan kincir air pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) desa bendosari kecamatan pujon kabupaten malang,” *J. Elektro Vol. 7 No. 1 Juli 2014*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2014.