
RANCANGAN PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO (PLTPH) UNTUK MODUL AJAR PADA BENGKEL TEKNIK LISTRIK UNIVERSITAS BATANGHARI

Oleh

Leily Wustha Johar¹, Myson², Fadli Eka Yandra³

^{1,2,3}Progran Studi Teknik Listrik, Universitas Batanghari

E-mail: ¹leily.wustha.johar@unbari.ac.id

Article History:

Received: 14-12-2023

Revised: 10-01-2024

Accepted: 18-01-2024

Keywords:

Turbin, Generator,
Beban

Abstract: Pemanfaatan pembangkit listrik tenaga air skala kecil dapat diterapkan didaerah terpencil yang ketersediaan air melimpah dan tidak terjangkau aliran listrik dari Perusahaan Listrik Negara dengan. Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro dibuat untuk modul belajar bagi mahasiswa agar dapat memahami proses terbangkitnya listrik dari salah satu jenis pembangkit listrik yang tersedia. Prototype ini dibuat menggunakan generator arus searah (DC) dan keluarannya di konversikan menjadi arus bolak balik (AC) agar dapat digunakan untuk peralatan rumah tangga. Komponen-komponen pembangkit ini dirancang dari peralatan yang sederhana, sehingga hanya bisa dibebani sesuai kapasitas dari generator yang digunakan. Tegangan keluaran generator yang dihasilkan adalah 18 Volt tanpa beban dan 12 Volt disaat diebani sebesar 10 Watt dan 20 Watt

PENDAHULUAN

Pemanfaatan renewable energy sebagai energy alternative dan clean energy semakin merata di seluruh belahan bumi. Indonesia sebagai Negara tropis sangat memungkinkan mengembangkan potensi matahari, angin, ombak dan air yang banyak tersedia. Sumber air yang berlimpah di sebagian besar wilayah Indonesia dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi dengan teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Air.

Untuk daerah yang tidak terjangkau aliran listrik dari pemerintah atau Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan untuk beberapa daerah terpencil denga sumber air yang banyak, dapat dibuat pembangkit listrik tenaga pycohidro untuk kebutuhan listrik rumah tangga.

Pembangkit Listrik Tenaga Air dengan skala kecil yaitu pycohydro dapat dibuat dengan alat dan bahan yang relatif sederhana. Kategori pycohydro adalah tenaga listrik yang dihasilkan oleh teknologi pembangkit ini berkapasitas 100 W sampai dengan 5 kW dengan head yang rendah [1]

Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro ini memiliki kelebihan yaitu mudah dalam perancanganya dan dapat memanfaatkan sumber air yang tersedia dengan debit alir yang tidak besar yang terdapat disekitar pembangkit, sehingga diharapkan dapat menjadi solusi untuk daerah terpencil dan sulit dalam penyaluran energ1 listrik oleh PLN [2]

LANDASAN TEORI

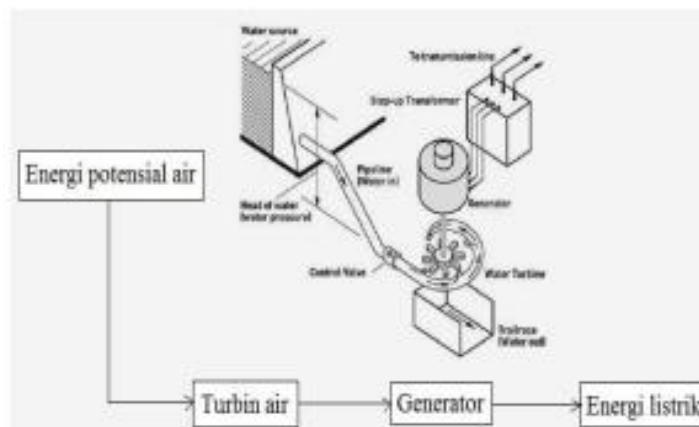
Pembangkit Listrik Tenaga Pycohydro (PLTPH)

PLTPH adalah pembangkit listrik tenaga air skala kecil hal itu dikarenakan *output* yang

dihasilkan kurang dari 5 KW. Pembangkit listrik ini banyak memanfaatkan aliran irigasi dari irigasi sungai yang rendah dan sumber air tanpa harus membukit [2].

Pada prinsipnya pembangkit listrik skala kecil seperti skala mikro dan piko akan memanfaatkan aliran air dengan beda ketinggian dan debit air per detik untuk memutar poros turbin yang dapat menghasilkan energi mekanik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi listrik.

Gambar berikut merupakan gambar prinsip kerja pembangkit listrik tenaga air skala mikro dan piko [3]



Gambar 1. Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Kecil

Berdasarkan output yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga Air dapat dikategorikan sebagai berikut: [3]

1. Large-hydro : > 100 MW
2. Medium-hydro : 15 – 100 MW
3. Small-hydro : 1 – 15 MW
4. Mini-hydro : 100 kW – 1 MW
5. Micro-hydro : 5 kW – 100 kW
6. Pico-hydro : < 5 kW

Pembangkit listrik berskala kecil, memiliki keunggulan selain ramah lingkungan, biaya pembuatannya relatif murah dengan bahan-bahan yang mudah didapat dipasaran, pengembangan teknologi yang tidak rumit serta perawatan yang mudah, sehingga sangat cocok untuk daerah yang tidak terjangkau aliran listrik dari PLN

PLTPH terdiri dari 3 komponen utama yaitu:

1. Air yang merupakan sumber energi dan dialirkan melalui pipa pesat atau intake untuk memutar poros turbin sehingga turbin dapat menghasilkan energi mekanik.
2. Turbin yang diputar dengan mengalirkan air, akan menghasilkan energi mekanik, dimana poros turbin akan dikopel dengan poros generator.
3. Generator yang dikopel dengan turbin yang berputar akan menghasilkan energi listrik.

Listrik yang dihasilkan generator tergantung dari besar kecilnya kapasitas generator

yang digunakan. Pada prinsipnya kerja PTLPH ini adalah dengan memanfaatkan beda ketinggian air dan aliran air yang dialirkan ke turbin untuk memutar sudu-sudu turbin, lalu air mentransmisikan putaran turbin ini ke generator sehingga listrik dapat dihasilkan.

Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin [4].

Pada roda turbin terdapat sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudu-sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut [5].

Turbin merupakan mesin penggerak, dimana air yang digunakan langsung untuk memutar turbin. Bagian kincir turbin yang berputar dinamakan rotor (runner) sedangkan bagian yang tidak berputar dinamakan (stator) atau rumah turbin. Poros diikat pada roda turbin, digunakan untuk memutar generator listrik, pompa, kompresor, baling-baling atau mesin lainnya (beban). Roda turbin dapat berputar karena adanya gaya yang bekerja pada sudu, gaya tersebut timbul karena terjadi momentum dari pancaran air kerja yang keluar dari nosel atau aliran air mengalir diantara sudu, sehingga akan terjadi perubahan tekan diantara sudu. Fluida kerja tersebut mengalami proses penurunan tekanan dan mengalir secara kontinu. Fluida kerja itu dapat berupa aliran air, uap air, atau gas. Jika fluida yang digunakan air maka disebut turbin air [6]

Bila dibandingkan dengan penggunaan jenis mesin pembangkit tenaga lain, maka penggunaan turbin mempunyai keuntungan-keuntungan antara lain :

1. Konstruksinya sederhana.
2. Waktu operasi lama, biaya oprasi murah sehingga menguntungkan untuk pemakaian yang lama.
3. Tidak menyebabkan pencemaran lingkungan.

Sedangkan kekurangan pada penggunaan turbin air adalah :

1. Biaya investasi awal lumayan mahal, karena menggunakan sarana pembantu antaralain : bangunan, waduk, sistem pengaturan, dan lain sebagainya.
2. Hanya dapat digunakan pada daerah yang mempunyai sumber tenaga air.

Karakteristik Turbin

Dalam perencanaan suatu turbin diperlukan perhitungan yang akurat agar alat yang dihasilkan dapat bekerja dengan maksimal dan sesuai dengan yang diharapkan. Perhitungan yang diperlukan untuk mendisain turbin adalah sebagai berikut: [2]

1. Debit aliran air

Debit air merupakan volume air yang mengalir persatuan waktu, dapat diperoleh dengan persamaan:

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

dimana :

$$\begin{aligned} Q &= \text{debit (m}^3/\text{dt)} \\ V &= \text{volume air (m}^3\text{)} \\ t &= \text{waktu (dt)} \end{aligned}$$

2. Kecepatan air

Apabila terjadi perubahan jatuh air pada suatu aliran, maka kecepatan air yang di hasilkan akan semakin tinggi, kecepatan air dapat di tentukan dengan persamaan:

$$v = \sqrt{2gh} \dots\dots\dots (2)$$

dimana:

$$\begin{aligned} v &= \text{kecepatan aliran air (m/dt)} \\ g &= \text{gratitasi (m/dt}^2\text{)} \\ h &= \text{tinggi jatuh air (m)} \end{aligned}$$

3. Luas penampang pipa pvc

Untuk mencari luas penampang pipa pvc menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$A = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

$$\begin{aligned} A &= \text{luas penampang pipa (m}^2\text{)} \\ \pi &= \text{kontanta (3.14)} \\ D &= \text{diameter pipa (m)} \end{aligned}$$

4. Gaya

Gaya yang di bangkitkan dari aliran arus air yang menentukan kincir dapat berputar, dicari dengan persamaan :

$$F = A \times \rho \times v^2 \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

$$\begin{aligned} A &= \text{luas penampang pipa (m}^2\text{)} \\ \rho &= \text{densitas air (kg/m}^3\text{).} \\ v &= \text{kecepatan aliran air. (m/dt)} \end{aligned}$$

5. Torsi

Torsi yang di hasilkan kincir ini, di tentukan dengan persamaan

$$T = F \times r \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

$$\begin{aligned} T &= \text{torsi (Nm)} \\ F &= \text{gaya yang dibangkitkan (N)} \\ r &= \text{jari-jari turbin (m)} \end{aligned}$$

Generator

Generator merupakan alat yang dapat membangkitkan energi listrik, dimana energi mekanik yang dihasilkan turbin akan diubah menjadi energi listrik pada generator. Generator bekerja berdasarkan hukum Faraday. Apabila rotor pada generator diputar maka belitan kawatnya akan memotong gaya-gaya magnet pada kutub magnet, sehingga terjadi perbegaan tegangan

Jenis generator terdiri dari generator arus searah dan generator arus bolak balik.

1. Generator Arus Searah (Generator DC)

Pada generator DC terjadi peristiwa induksi elektromagnetik yang hanya menginduksi ke satu arah, sehingga konstruksinya menggunakan komutator atau cincin belah. Disaat gaya gerak listrik timbul, maka kontak dengan rangkaian beban akan berganti terminal, sehingga tegangan keluaran hanya menghasilkan satu arah. Penambahan jumlah kumparan yang kemudian dihubungkan ke komutator yang terdiri dari beberapa segmen akan mampu mengurangi riak pada tegangan listrik arus searah

2. Generator Arus Bolak-balik (Generator AC)

Generator AC terdiri dari suatu kumparan serta lilitan kawat yang diputar di dalam medan magnet, Bagian dalam generator AC disebut armature yang berisi silinder besi sebagai tempat kumparan kawat dililitkan. Terminak Generator mempunyai 2 cincin putar yang dihubungkan dengan beban listrik melalui brushing yang terbuat dari tembaga lunak. Medan magnet kemudian dibentuk oleh magnet permanen atau elektromagnet.

Daya Keluaran

Daya yang dibangkitkan suatu generator tergantung dari besarnya debit alir air dan tinggi terjun air yang digunakan. Energi air inilah yang dapat menggerakkan turbin dan memutar generator penghasil tegangan [6].

Daya keluaran dari generator tergantung pada efisiensi keseluruhan (*overall efficiency*) dari PLTPH yaitu efisiensi turbin dan efisiensi generator. Sehingga daya yang dikeluarkan turbin (P_T) dapat dihitung dengan persamaan:

$$P_T = T \times \omega \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

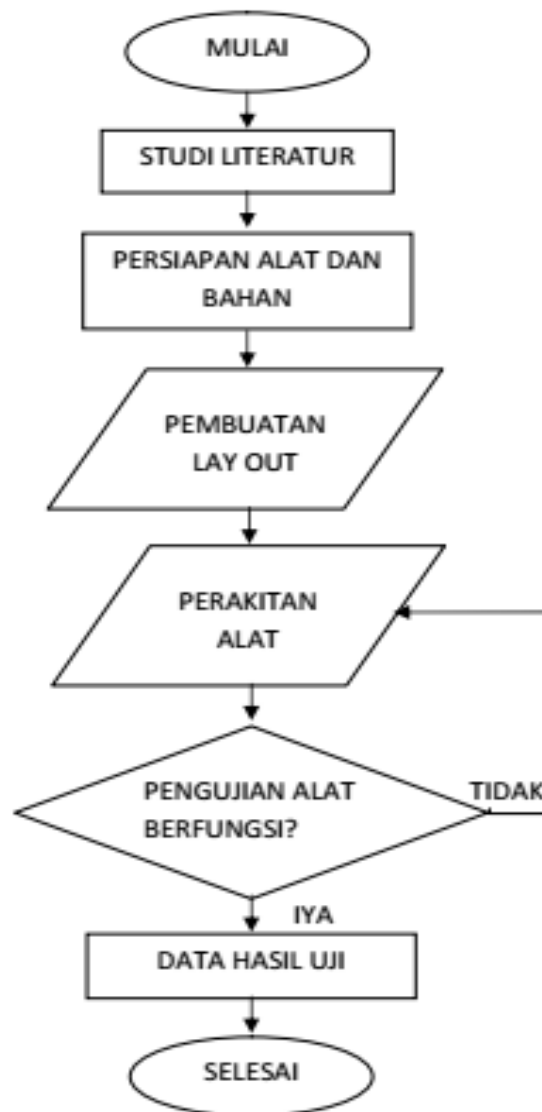
P_T = Gaya yang dibangkitkan

ω = $2\pi n/60$

n = jumlah putaran turbin

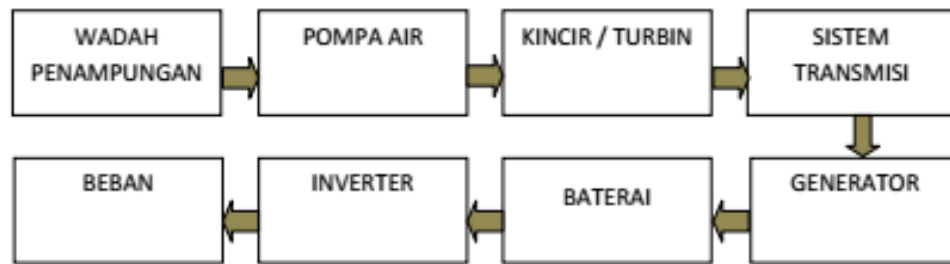
METODE PENELITIAN

Langkah yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini dengan memperhitungkan segala sesuatu terkait kinerja alat. Penelitian dilakukan dengan memanfaatkan pompa air elektrik untuk mengalirkan sumber air agar dapat memutar turbin. Alat ini juga akan digunakan sebagai modul belajar dalam proses pembelajaran dan pemahaman tentang bagaimana listrik dibangkitkan menggunakan teknologi PLTPH. Berikut langkah-langkah dalam menyelesaikan prototype ini.



Gambar 2. Diagram Alur

Rancangan prototype yang dibuat dimulai dengan membuat blok diagram rangkaian dengan mendefenisikan masing-masing komponen yang diperlukan, memastikan rangkaian beroperasi sesuai fungsi masing-masing dan terakhir melakukan pengujian alat apakah berfungsi sesuai yang direncanakan. Blok diagram rangkaian ini dapat dilihat pada gambar 3 berikut



Gambar 3 Block Diagram *Prototype* PLTPH

Bagian bagian PLTPH yang disiapkan adalah sebagai berikut:

1. Bak Penampungan

Wadah plastic berukuran isi 67 liter dijadikan bak penampungan air yang akan digunakan untuk sumber energy pada prototype PLTPH ini



Gambar 4 Bak penampungan air

2. Pompa air

Pompa Air dengan spesifikasi debit alir 30 liter / menit, digunakan untuk mengalirkan air dari bak penampungan ke kincir air agar kincir bisa berputar untuk menghasilkan energi listrik



Gambar 5 Pompa air

3. Kincir Air / Turbin

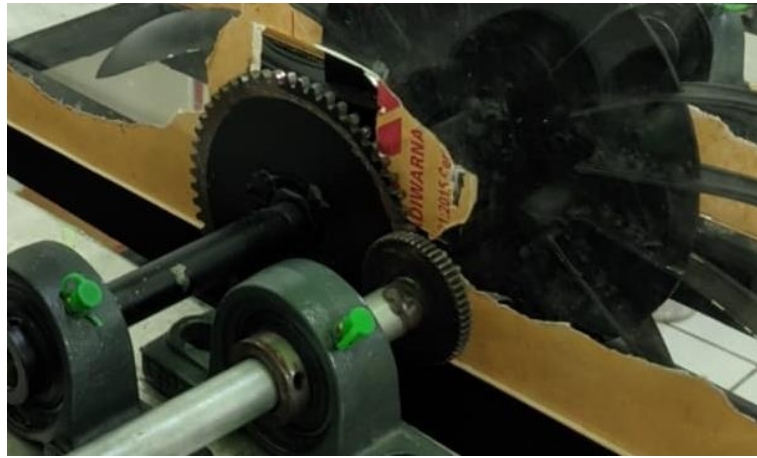
Kincir atau turbin yang digunakan berjenis turbin pleton, terbuat dari susunan sendok yang dijadikan sudu-sudu yang di pasang pada piringan plat.



Gambar 6 Kincir air / turbin

4. Sistem Transmisi

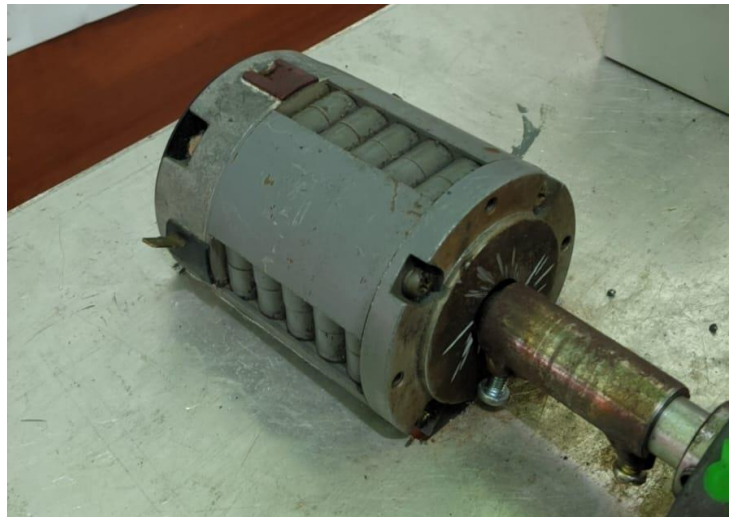
Sistem transmisi digunakan untuk mempercepat putaran agar diperoleh spesifikasi putaran untuk generator agar tegangan yang dikeluarkan dapat digunakan



Gambar 7 Sistem Transmisi

5. Generator DC

Spesifikasi Generator yang digunakan adalah Generator DC 12 – 18 Volt, 300 – 400 rpm, 5 A



Gambar 8 Generator DC

6. Inverter

Inverter diperlukan untuk mengubah tegangan arus searah menjadi tegangan arus bolak balik, spesifikasi inverter yang digunakan adalah 300VA, DC 12V to AC 220.



Gambar 9 Inverter

7. Baterai

Baterai digunakan untuk menyimpan energy listrik arus searah yang dihasilkan generator untuk kemudian di hubungkan ke inverter sehingga dapat digunakan untuk peralatan listrik rumah tangga dan lainnya



Gambar 10 Baterai

8. Beban

Beban yang digunakan untuk pengujian alat adalah 2 bola lampu masing-masing 10 Watt



Gambar 11 Beban Lampu

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Rancangan prototype PLTPH

Rancangan keseluruhan PLTPH dapat dilihat pada gambar 12 (a) dan 12 (b) berikut:



Gambar 12 (a) *Prototype* PLTPH



Gambar 12 (b) *Prototype PLTPH*

2. Cara kerja prototype PLTPH

Untuk bekerjanya alat yang dibuat maka harus dioperasikan sesuai dengan urutannya yaitu:

- Isi penuh bak penampungan dengan air.
Bak penampungan berada di bagian bawah kincir air sehingga air yang jatuh pada susu-sudu kincir akan kembali masuk kedalam penampungan, sehingga air sebagai sumber energy tetap tersedia.
- Nyalakan pompa air
Pipa hisap pompa air dihubungkan ke bak penampungan kemudian air dari pipa pancar dialirkan ke kincir air, sehingga kincir dapat berputar yang menghasilkan energy mekanik
- Dengan berputarnya kincir air / turbin, maka Generator DC yang porosnya di kopel dengan poros turbin akan ikut berputar sehingga dapat menghasilkan energi listrik
- Keluaran generator ini dihubungkan dengan baterai kemudian dihubungkan dengan inverter, keluaran inverter bisa langsung dihubungkan dengan beban

3. Pengujian Alat

- Putaran Turbin

Perolehan putaran turbin diukur menggunakan tachometer yaitu diperoleh angka sebesar 100 rpm sampai 105 rpm. Dengan menggunakan sistem transmisi 1 banding 4 untuk percepatan putaran pada poros, maka diperoleh putaran 300 – 400 rpm.

b. Pengujian Generator tanpa beban

Dilakukan pengujian generator DC tanpa beban dengan perolehan data sebagai berikut:

- Putaran generator : 400 rpm
- Tegangan : 18 Volt

c. Pengujian Generator berbeban

- Beban lampu 10 Watt
Tegangan Generator : 12 Volt
Arus : 0.9 A
- Beban lampu 20 Watt
Tegangan Generator : 10 Volt
Arus : 1 A

KESIMPULAN

Dari hasil rancangan prototype PLTPH ini dapat disimpulkan:

1. Rancangan PLTPH ini dapat digunakan untuk pembelajaran dengan mengetahui komponen-komponen yang harus tersedia untuk membangun pembangkit listrik tenaga air skala kecil.
2. Besarnya keluaran dari generator tergantung dari putaran turbin.
3. Untuk generator DC diperlukan putaran turbin konstan 400 rpm untuk menghasilkan tegangan keluaran generator 18 Volt, Tegangan ini digunakan sebagai pengisi baterai atau input dari inverter agar bisa digunakan untuk beban AC
4. Disarankan menggunakan *charge controller* agar tegangan keluaran yang konstan dapat digunakan untuk pengisian baterai dan inverter agar penggunaan beban lebih maksimal

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Risnandar, Finsa Anugrah Pratama, dan Novrinaldi, *GIS untuk menentukan potensi pembangkit Piko-Hidro*, Vol. 1, November 2011.
- [2] Nugroho, Hunggul Y.S.H. & Sallata, Markus Kudeng. 2015. *PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga mikro hidro)*. Yogyakarta: CV. Andi Offset
- [3] NN. 2014. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*. ESHA
- [4] Sularso dan Haruo Tahara. 1983. *Pompa & Kompresor*, Cetakan Ketujuh, PT Paradya Paramita, Jakarta.
- [5] Arismunandar A, Kuwahara S. 1997. *Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik Jilid I Pembangkitan Dengan Tenaga Air*, Pradnya Paramita. Jakarta
- [6] WJ, Leily, EY Fadli, Myson. 2023. Rancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Memanfaatkan Sirkulasi Air Kolam, Jurnal Cakrawala Ilmiah Vol 2, No 10 Juni 2023

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN