

ANALISIS VARIASI TRANSMISI GEAR TERHADAP OUTPUT DAYA LISTRIK PADA PROTOTYPE PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA PIKOHIDRO MENGGUNAKAN TURBIN TURGO

I Nyoman Hary Putra Darma¹, I Nyoman Budiastira², I Wayan Arta Wijaya²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

²³Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Jalan Raya Kampus Unud, Jimbaran, Bali

Email_ hryputra15@gmail.com, budiastira@unud.ac.id, artawijaya@ee.unud.ac.id

ABSTRAK

Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro pada wisata Air Terjun Kanto Lampo dilakukan untuk memenuhi kebutuhan listrik berupa lampu penerangan pada wilayah tersebut. Berdasarkan survey yang telah dilakukan, akses jalan dari tempat parkir menuju air terjun berjarak sekitar 150 meter dan belum memiliki penerangan yang memadai. Air terjun memiliki tinggi jatuh air sebesar 15 meter maka perancangan *prototype* PLTPH akan menggunakan turbin turgo untuk memaksimalkan *output* daya generator yang disalurkan pada lampu penerangan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi *gear* terhadap kecepatan putaran, torsi, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan *prototype* PLTPH. Metode pengujian yang digunakan, yaitu pengujian secara langsung pada *prototype*. Data yang diperoleh, selanjutnya dibuatkan grafik pengaruh variasi *gear* dengan parameter yang diujikan. Seluruh parameter yang diujikan mendapatkan hasil putaran tertinggi dengan menggunakan 2 *nozzle* sebesar 752,2 rpm. Pada pengujian transmisi *gear* hasil output tertinggi diperoleh pada rasio 4:1 dan daya yang dihasilkan sebesar 48,70 watt.

Kata Kunci : Piko hidro, turbin turgo, Variasi transmisi *gear*

ABSTRACT

The design of the Pico hydro Power Plant at the Kanto Lampo Waterfall tour was carried out to meet the electricity demand in the form of lighting in the area. Based on a survey that has been conducted, the access road from the parking lot to the waterfall is about 150 meters away and does not yet have adequate lighting. The waterfall has a height of 15 meters, so the design of the PLTPH prototype will use a turgo turbine to maximize the power output of the generator which is distributed to the lighting. This research was conducted to determine the effect of gear variations on rotational speed, torque, voltage, current and power produced by the PLTPH prototype. The test method used is direct testing on the prototype. The data obtained, then graphed the influence of gear variations with the parameters tested. All parameters tested get the highest rotation results by using 2 nozzles of 752.2 rpm. In the gear transmission test the highest output results were obtained at a ratio of 4:1 and the power generated was 48.70 watts.

Keywords: *pico hydro, turgo turbine, Gear transmission variations*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan suatu kebutuhan utama masyarakat,

meningkatnya kebutuhan energi listrik menyebabkan berkurangnya bahan bakar seperti batu bara, minyak bumi dan gas.

Pemanfaatan energi terbarukan (EBT) menjadi salah satu upaya dalam mengatasi kebutuhan energi yang semakin meningkat. Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis dengan curah hujan yang sangat tinggi, sehingga Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) sebaiknya dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan listrik. Berdasarkan hasil riset dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Provinsi Bali memiliki potensi energi terbarukan (EBT) sekitar 11.806 MW.

Bali merupakan daerah yang memanfaatkan aliran air sebagai wisata air terjun, salah satunya wisata air terjun kanto lampo di Kabupaten Gianyar. Air terjun ini memiliki potensi untuk dikembangkannya PLTA, air terjun kanto lampo memiliki *head* 15 meter dan debit air saat musim kemarau sebesar 0,51 m³/s. berdasarkan survei yang telah dilakukan jarak antara tempat parkir kendaraan dengan air terjun sekitar 150 meter akses jalannya belum memiliki penerangan, sehingga potensi air terjun kanto lampo dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH) menggunakan turbin turgo. Turbin turgo ini salah satu jenis turbin *impuls* yang memiliki tinggi jatuh air yang tinggi karena bentuk kelungkrungan sudu yang tajam. Prinsip kerja turbin *impuls* yaitu dengan mengubah seluruh energi dari air berupa potensial, tekanan dan kecepatan menjadi energi kinetik untuk memutar turbin.

PLTPH memiliki turbin dan generator yang dihubungkan menggunakan pulley atau gear untuk mengubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik, tetapi pada pulley memiliki slip pada saat mentransmisikan energi, sedangkan pada transmisi gear tidak terjadinya slip.

Berdasarkan uraian diatas, maka penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan potensi tersebut dengan merancang *prototype* Pembangkit Listrik

Tenaga Piko Hidro. Penelitian ini akan membahas pengaruh variasi *Gear* sebagai transmisi untuk meminimalisir terjadinya slip dan pengaruh *Gear* terhadap *output* daya listrik pada *prototype* PLTPH dengan menggunakan turbin turgo.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro (PLTPH)

PLTPH Adalah pembangkit listrik dengan skala kecil yang mempunyai daya output dari ratusan Watt hingga 5 Kilo Watt [1]. Prinsip kerja PLTPH memanfaatkan energi potensial dari aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema PLTPH memerlukan dua hal yaitu ,debit air dan ketinggian jatuh air untuk menghasilkan gaya yang dapat dimanfaatkan.

2.2 Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang beroperasi dengan media kerja air, secara umum turbin adalah alat mekanik yang terdiri dari poros dan sudu-sudu [2]. Turbin air dibedakan menjadi dua kelompok yaitu :

a. Turbin *Impuls*

Turbin *impuls* adalah jenis turbin air yang bekerja dengan mengubah seluruh energi potensial, tekanan dan kecepatan air menjadi energi kinetik untuk memutar turbin. Energi potensial air diubah menjadi energi kinetik pada nosel. Nosel yang menyemburkan air dengan kecepatan tinggi membentur sudu turbin yang mengakibatkan roda turbin akan berputar. Berikut jenis turbin *impuls* yaitu : Turbin Turgo, Turbin Pelton, Turbin *Cross Flow*.

b. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang memanfaatkan kombinasi aliran air dan tekanan air sebagai sumber tenaga untuk memutar roda turbin. Umumnya pada turbin reaksi memanfaatkan head yang rendah. Berikut jenis turbin reaksi yaitu :

Turbin Kaplan, Turbin Francis, Turbin Propeller, Turbin *Archimedes Screw*.

2.3 Turbin Turgo

Turbin turgo merupakan salah satu jenis turbin impuls. Turbin turgo mendapatkan energi maksimum dari aliran air yang bertekanan tinggi. *Head* tekanan yang didapatkan di air diubah menjadi *head* kecepatan oleh *nozzle*. Dengan adanya *nozzle* kecepatan air yang dikeluarkan akan lebih tinggi sehingga putaran yang dihasilkan lebih besar dan dapat ditransmisi secara langsung dari turbin ke generator [3].



Gambar 1. Turbin Turgo

2.4 Transmisi Gear dan Rantai

Gear merupakan bagaian mesin yang beroperasi untuk mentransmisikan daya, membalikan putaran dan mereduksi atau menaikkan putaran atau kecepatan. *Gear* mempunyai perantara untuk mentransmisikan daya dari poros satu ke poros lainnya yaitu rantai.

Keuntungan penggunaan transmisi *gear* dan rantai adalah tidak terjadinya slip pada saat mentransmisikan daya tidak seperti *pulley* dan *belt* yang penggunaannya masi ada terjadinya slip. *Gear* dan rantai tidak mengalami slip pada saat mentransmisikan daya dikarenakan keberadaan gigi yang mampu mencegah slip, hingga daya yang dihasilkan lebih besar .

Berikut Merupakan perhitungan menentukan jumlah sprocket *gear* menggunakan persamaan berikut [4] :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (1)$$

- Dimana
- N₁ = Kecepatan putar sprocket *drive* (rpm)
- N₂ = Kecepatan Putar sprocket *driven* (rpm)
- T₁ = Jumlah gigi pada sprocket *drive*
- T₂ = Jumlah gigi pada sprocket *driven*



Gambar 2. Gear dan Rantai

Berikut Merupakan perhitungan menentukan torsi menggunakan persamaan berikut [2] :

$$T = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{\pi}{60}} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- T = Torsi (Nm)
- P = Daya (Watt)
- N = Kecepatan putaran (rpm)
- π = Phi (3,14)

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian prototype PLTPH menggunakan turbin turgo dilakukan perhitungan menggunakan rumus pada jurnal terkait yang digunakan pada penelitian ini. Parameter penelitian ini adapun sebagai berikut :

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Peneliti menggunakan sprocket gear pada sepeda gayung dengan mata gigi berjumlah 52 gigi yang digunakan pada sprocket besar. Dimana sprocket besar akan mentransmisikan putaran turbin ke sprocket kecil yang memutar generator

$$\frac{2750}{700} = \frac{T_1}{T_2}$$

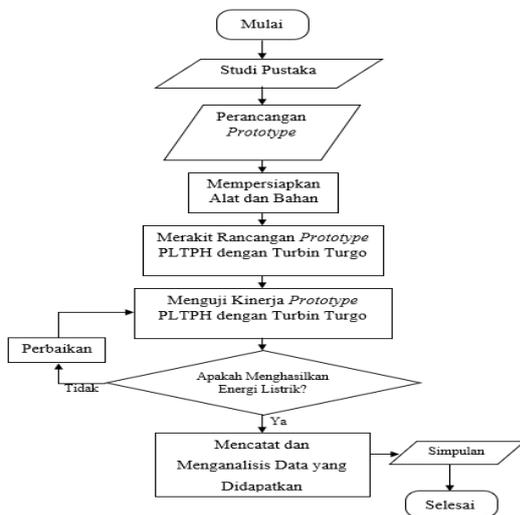
$$\frac{2750}{782,8} = \frac{3,51}{1} = \frac{4}{1} = \frac{52}{13}$$

Hasil Perbandingan rasio *gear* sprocket kecil dan sprocket besar didapat $\frac{3,51}{1}$ yang dibulatkan menjadi $\frac{4}{1}$ dimana sprocket besar didapat dengan jumlah 52

mata gigi dan 13 mata gigi pada sprocket kecil untuk penggerak generator.

Variasi rasio *gear* digunakan pada prototype PLTPH adalah 4:1 dengan jumlah gigi 52 mata gigi yang letaknya pada poros turbin, dan 13 mata gigi yang letaknya pada poros generator, selanjutnya 4:1,3 dengan jumlah mata gigi 52 mata gigi pada poros turbin, pada poros generator 17 mata gigi dan variasi gear 4:2 dengan jumlah 52 mata gigi yang letaknya pada poros turbin, dan 26 mata gigi pada poros generator.

Secara sistematis pada perancangan pembuatan alat uji prototype PLTPH menggunakan turbin turgo dapat dilihat pada gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Berikut penjelasan pada gambar 3:

Langkah 1. Studi Pustaka

Penelitian ini diawali dengan studi Pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini.

Langkah 2. Perancangan *Prototype*

Perancangan *prototype* dibuat dan disesuaikan dengan literatur literatur terkait. Desain pemodelan PLTPH dibuat menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 dan digunakan sebagai acuan dalam membangun *prototype* PLTPH yang akan dibuat.

Langkah 3. Mempersiapkan Alat dan Bahan pembuatan desain variasi *gear* pada *prototype* PLTPH.

Langkah 4. Merakit Rancangan *Prototype* PLTPH dengan Turbin Turgo

Merakit PLTPH sesuai dengan desain yang dibuat sebelumnya.

Langkah 5. Menguji Kinerja *Prototype* PLTPH dengan Turbin Turgo

Pengujian dilakukan dengan mengalirkan air ke dalam turbin menggunakan pompa air. *Prototype* dikatakan sudah sesuai jika tidak ada kebocoran, *runner* dapat berputar, posisi *nozzle* mengarah ke dalam tengah sudu dan dapat menghasilkan listrik.

Langkah 6. Mencatat dan Menganalisis Data yang Didapatkan

Setelah *prototype* dapat menghasilkan energi maka dilakukan pencatatan dan analisis data.

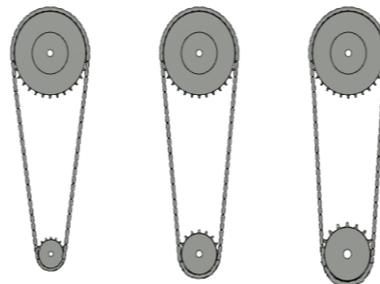
Langkah 7. Simpulan

Berdasarkan Langkah ke 6 maka dapat dilakukan penarikan kesimpulan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Transmisi Gear dengan menggunakan Turbin Turgo

Perancangan PLTPH menggunakan transmisi *gear* dengan rasio bervariasi, yaitu 4:1, 4:1,3, 4:2. Gear yang menghubungkan poros turbin dengan poros generator menggunakan rantai.



Gambar 4. Variasi Gear 4:1, 4:1,3 dan 4:2

Untuk menentukan torsi yang dihasilkan pada variasi rasio *gear* yang telah dirancang, sebelumnya harus dilakukan perhitungan untuk dengan menggunakan persamaan 1.

$$T = \frac{P}{2 \cdot \pi \cdot \frac{\pi}{60}}$$

Pada gear 4:1 kecepatan putaran turbin sesudah dikopel generator 691,2 rpm dan daya yang dihasilkan 48,70 Watt sehingga torsi pada tekanan 21 psi adalah :

$$T = \frac{48,70}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{6,91,2}{60}} = 0,673 \text{ Nm}$$

Pada gear 4:1,3 kecepatan putaran turbin sesudah dikopel generator 708,4 rpm dan daya yang dihasilkan 40,886 Watt sehingga torsi pada tekanan 21 psi adalah :

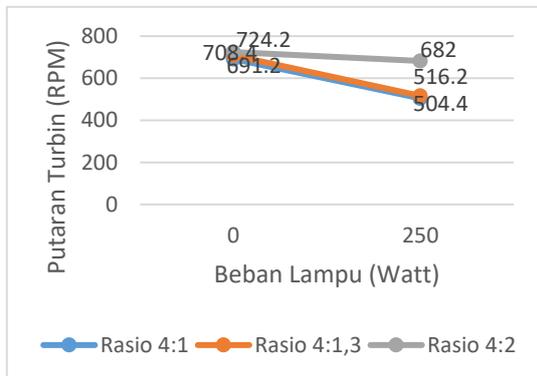
$$T = \frac{40,886}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{708,4}{60}} = 0,551 \text{ Nm}$$

Pada gear 4:2 kecepatan putaran turbin sesudah dikopel generator 724,2 rpm dan daya yang dihasilkan 15,477 Watt sehingga torsi pada tekanan 21 psi adalah :

$$T = \frac{15,477}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{724,2}{60}} = 0,204 \text{ Nm}$$

4:2 Pengukuran Putaran Turbin

Bedasarkan grafik pada gambar 5 bisa dilihat hasil putaran pada turbin turgo.

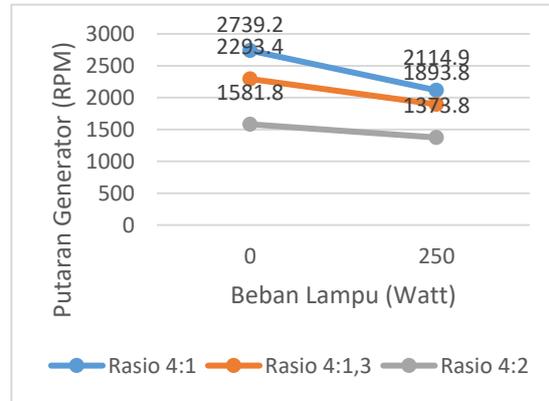


Gambar 5. Grafik Pengukuran Putaran Turbin

Bedasarkan grafik pada gambar 5 dapat dilihat bahwa kecepatan putar turbin tertinggi didapatkan pada rasio gear 4:2 yaitu 724,2 rpm dan hasil kecepatan putar turbin terendah didapatkan pada rasio 4:1 yaitu sebesar 691,2 rpm pada saat tidak berbeban. Hal ini terjadi karena pada rasio gear 4:1 beban kera yang diperlukan turbin untuk memutar generator lebih besar oleh karena itu putaran turbin semakin menurun.

4:3 Pengukuran Putaran Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 6 bisa dilihat hasil putaran pada generator .

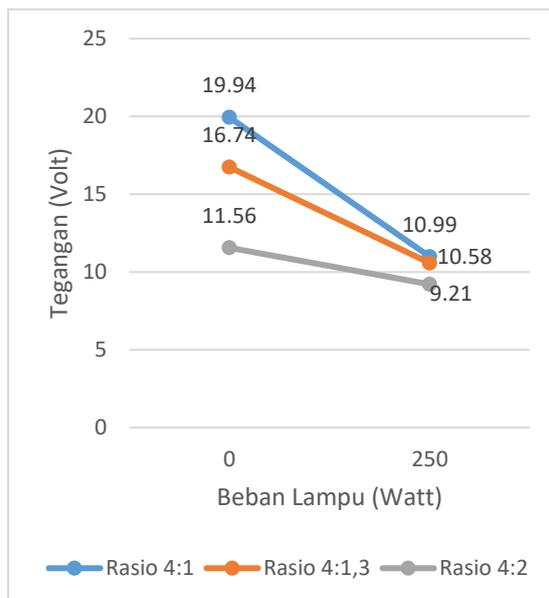


Gambar 6. Grafik Pengukuran Putaran Generator

Bedasarkan gambar 6 dapat dilihat bahwa kecepatan putar generator tertinggi didapatkan pada rasio gear 4:1 sebesar 2739,2 rpm pada saat tidak berbeban. Hal ini terjadi karena pada rasio 4:1 memiliki 1 putaran turbin dan 4 kali putaran generator sehingga kecepatan generator pada rasio gear 4:1 didapatkan kecepatan rpm tertinggi dibandingkan rasio gear lainnya.

4:4 Pengukuran Tegangan Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 7 bisa dilihat hasil Tegangan pada generator .

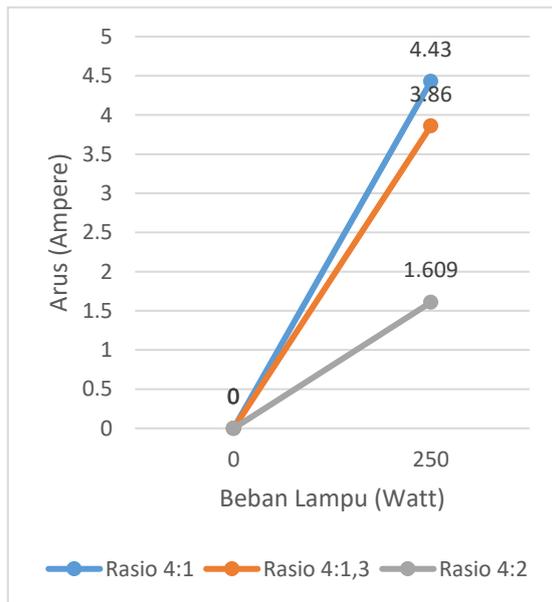


Gambar 7. Grafik Pengukuran Tegangan Generator

Bedasarkan grafik pada Gambar 7 dapat dilihat tegangan tertinggi didapat pada rasio 4:1 saat tidak berbeban sebesar 19,94 Volt sedangkan tegangan terendah didapat pada rasio gear 4:2 saat berbeban 250 watt yaitu sebesar 9,21 Volt. Hal ini terjadi karena jika generator diberi beban akan terjadinya reaksi jangkar yang disebabkan oleh adanya arus. Arus menghasilkan gaya gerak listrik induksi yang bertegangan negatif dengan tegangan terminal hingga semakin besar arus maka semakin besar gaya gerak listrik yang dihasilkan dan membuat tegangan generator mengalami penurunan.

4:5 Pengukuran Arus Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 8 bisa dilihat hasil arus pada generator .

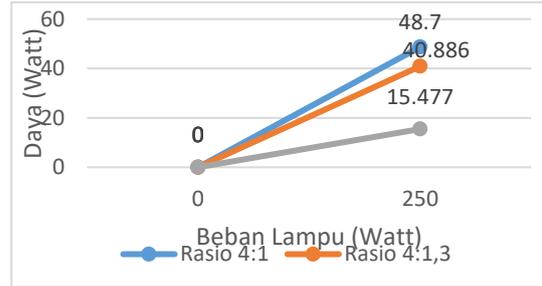


Gambar 8. Grafik Pengukuran Arus Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 8 dapat dilihat bahwa dalam keadaan tanpa dibebani tidak akan menghasilkan arus. Pada saat generator telah dikopel beban arus tertinggi didapat pada rasio gear 4:1 sebesar 4,43 Ampere pada beban 250 Wattt sedangkan arus terendah didapatkan pada rasio gear 4:2 yaitu sebesar 1,609 ampere.

4:6 Pengukuran Daya Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 9 bisa dilihat hasil daya pada generator.



Gambar 9. Grafik Pengukuran Daya Generator

Bedasarkan grafik pada gambar 9 dapat dilihat bahwa daya generator tertinggi didapat pada rasio gear 4:1 dengan beban lampu 250 watt yaitu ssebesar 48,7 watt, sedangkan daya generator terendah didapat pada rasio gear 4:2 dengan beban 250 watt yaitu sebesar 15,477 watt.

4:7 Torsi PLTPH

Bedasarkan grafik pada gambar 10 bisa dilihat hasil torsi pada PLTPH.



Gambar 10. Grafik Torsi

Bedasarkan grafik pada gambar 10 dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya rasio gear akan menyebabkan torsi semakin meningkat. Torsi dipengaruhi oleh kecepatan putaran turbin. Pada rasio tertinggi , turbin membutuhkan torsi yang lebih besar untuk memutar generator agar mendapatkan hasil yang lebih maksimal. Torsi tertinggi didapatkan pada rasio gear 4:1 sebesar 0,673 Nm, sedangkan torsi terendah didapat pada rasio gear 4:2 sebesar 0,204 Nm.

5. KESIMPULAN

Bedasarkan analisis pengaruh variasi transmisi gear pada turbin turgo terhadap kecepatan putar turbin, kecepatan putar generator, torsi, tegangan, arus dan daya yang dihasilkan oleh generator PLTPH menggunakan turbin turgo, dapat disimpulkan :

Hasil output terbaik pada pengujian transmisi *gear* yaitu pada rasio 4:1 dengan hasil putaran turbin sebesar 504,4 rpm, putaran generator sebesar 2114,9 rpm, tegangan sebesar 10,99 volt, arus sebesar 4,43 ampere, daya sebesar 48,70 watt dan torsi sebesar 0,673 Nm. Hal ini dikarenakan pada rasio 4:1 memiliki 1 kali putaran pada turbin dan 4 kali putaran pada generator sehingga mendapatkan kecepatan tertinggi pada generator.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. K. Artha, W. A. Wijaya and G. N. Janardana, "Rancang Bangun Prototype PLTMH Dengan Turbin Turgo," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, p. 7, 2022.
- [2] G. W. Putra, A. I. Weking and L. Jasa, "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH Dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 8, 2018.
- [3] N. A. Raditya, L. Jasa and W. A. Wijaya, "Analisi Pengaruh Penambahan Gearbox Pada Turbin Archimedes Screw Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikohidro (PLTMH)," *Jurnal SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, p. 11, 2021.
- [4] Setya Prayoga, H., (2019). Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikrohidro Jenis Turbin Turgo, Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.