

ANALISIS PERBANDINGAN DAYA OUTPUT LISTRIK ANTARA PENGGUNAAN TRANSMISI GEAR DAN PULLEY PADA PROTOTYPE (PLTPH) MENGGUNAKAN TURBIN TURGO

I. M. Tata Abdi Nugraha¹, I.W. Arta Wijaya², I.N. Budiastira²

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

²Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jimbaran, Kabupaten Badung, Bali

tataabdi25@gmail.com

ABSTRAK

Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro merupakan salah satu pembangkit ramah lingkungan yang dapat memenuhi kebutuhan listrik di sekitarnya, salah satunya pada wilayah Wisata Air Terjun Kanto Lampo. Perencanaan *prototype* PLTPH ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan penerangan pada wilayah air terjun tersebut. Perencanaan *prototype* PLTPH ini menggunakan turbin turgo dan terdapat dua transmisi yang dapat digunakan yaitu, *gear* dan *pulley*. Penelitian ini akan melakukan perbandingan antara transmisi *gear* dan *pulley* dengan metode pengukuran secara langsung pada *prototype* dan bertujuan untuk mengetahui transmisi yang dapat memperoleh hasil terbaik pada *prototype* PLTPH. Variasi rasio yang digunakan pada *gear* dan *pulley* dengan jumlah rasio 4:1, 4:1.3 dan 4:2. *Prototype* PLTPH menggunakan turbin turgo ini diperoleh hasil tertinggi pada rasio *gear* 4:1 dengan daya *output* sebesar 48,70 Watt dan torsi yang dihasilkan senilai 0,613 Nm, sedangkan hasil terendah diperoleh pada rasio *pulley* 4:2 dengan daya *output* sebesar 10,83 Watt dan torsi yang dihasilkan senilai 0,147 Nm.

Kata kunci : PLTPH, turbin turgo, *gear*, *pulley*

ABSTRACT

Picohydro Power Plant is one of the environmentally friendly generators that can meet the electricity needs in the vicinity, one of which is in the Kanto Lampo Waterfall Tourism area. The planning of this PLTPH prototype is carried out to meet the lighting needs in the waterfall area. This PLTPH prototype plan uses a turgo turbine and there are two transmissions that can be used, namely, gear and pulley. This study will make a comparison between gear and pulley transmissions with the direct measurement method on the prototype and aims to determine the transmission that can get the best results on the PLTPH prototype. The ratio variations used on gears and pulleys are 4:1, 4:1.3 and 4:2. The PLTPH prototype using a turgo turbine obtained the highest results at a gear ratio of 4:1 with an output power of 48.70 Watt and the resulting torque of 0.613 Nm, while the lowest results were obtained at a pulley ratio of 4:2 with an output power of 10.83 Watt and the resulting torque is 0.147 Nm.

Key Words : Picohydro Power Plant, turgo turbine, *gear*, *pulley*

1. PENDAHULUAN

Memasuki periode globalisasi, kebutuhan energi listrik semakin bertambah yang dapat menguras bahan bakar konvensional seperti batu bara, minyak bumi dan gas. Energi baru dan terbarukan (EBT) merupakan salah satu cara agar dapat

mengatasi masalah terhadap kebutuhan energi yang semakin meningkat. Salah satunya, Pembangkit Listrik Tenaga Air yang bisa dimanfaatkan pada wilayah pedesaan agar dapat memenuhi kebutuhan listrik seperti, penerangan di wilayah tersebut, Potensi pengembangan EBT di

Indonesia mencapai 443,208 MW, namun sampai saat ini hanya 1,9% yang mampu dibangkitkan dari total potensi di Indonesia

Menurut hasil riset dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Provinsi Bali memiliki potensi energi baru dan terbarukan (EBT) sekitar 11.806 MW. Bali merupakan salah satu daerah yang dikenal memanfaatkan aliran air sebagai wisata air, salah satunya Wisata Air Terjun Kanto Lampo yang berada di Kabupaten Gianyar. Menurut I Nyoman Suta selaku pengelola pada Air Terjun Kanto Lampo, air terjun tersebut memiliki tinggi jatuh air sebesar 15 meter. Berdasarkan survei yang telah dilakukan, jarak antara tempat parkir kendaraan menuju air terjun sekitar 150 meter. Pada akses jalan menuju Air Terjun Kanto Lampo belum mempunyai penerangan yang memadai, sehingga potensi dari air terjun dapat dikembangkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro dengan menggunakan turbin turgo. Turbin turgo dapat digunakan pada sumber air yang mempunyai *head* tinggi berkisar 15 sampai 300 meter [3], maka turbin turgo bisa digunakan pada Air Tejun Kanto Lampo, Gianyar, Bali.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 PLTPH

PLTPH merupakan salah satu pembangkit energi terbarukan yang mempunyai daya *output* dari ratusan Watt hingga 5 kW. Pembangkit memanfaatkan aliran air dan debit air dari saluran irisagi sebagai sumber utamanya.

Prinsip kerja PLTPH yaitu memanfaatkan debit dan tinggi jatuh air yang mengarah tepat ke sudu turbin dan akan membuat poros turbin berputar yang akan menghasilkan energi mekanik. Lalu, dari energi mekanik akan menggerakkan generator yang bisa menghasilkan energi listrik [1].

2.2 Turbin Air

Turbin air merupakan suatu alat yang bekerja dengan cara memanfaatkan energi kinetic dari air. Secara umum turbin terdiri dari poros dan sudu turbin, sudu tetap atau *stationary blade* berfungsi untuk mengarahkan aliran air dan tidak ikut berputar bersama poros. Sedangkan sudu putar atau *rotary blade* berfungsi untuk mengubah arah dan kecepatan aliran agar menghasilkan gaya putar pada poros [4].

Terdapat dua jenis turbin air dalam PLTPH yaitu, turbin impuls dan turbin reaksi. Berikut merupakan penjelasan dari turbin impuls dan turbin reaksi [1].

1. Turbin Impuls

Turbin Impuls merupakan turbin air yang membutuhkan bantuan *nozzle* untuk memutar *runner* turbin. Jenis turbin impuls diantaranya, Turbin Pelton, Turgo dan *Crossflow*.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi merupakan turbin air yang memanfaatkan gabungan dari aliran dan tekanan air untuk memutar *runner* turbin. Jenis dari turbin reaksi diantaranya, Turbin Kaplan, Francis, Propeller dan *Archimedes Screw*.

2.3 Turbin Turgo

Turbin turgo merupakan salah satu jenis turbin impuls yang ditemukan oleh Eric Crewdson pada tahun 1919 [3]. Tidak sama halnya seperti turbin pelton, *nozzle* dari turbin turgo diarahkan ke sudut tertentu terhadap bidang rotasi *runner* dan air keluar dari sisi berlawanan dari *runner*, sehingga dapat meminimalisir gangguan aliran keluar dengan *runner*.

Gambar 1. *Runner* Turbin Turgo [8]



2.4 Transmisi

Transmisi berfungsi untuk memindahkan daya dari satu sumber ke sumber lain, sehingga alat tersebut dapat bekerja. Terdapat beberapa jenis penerus daya yang fleksibel yaitu, *gear* dan *pulley* [6].

1. Gear dan rantai

Gear adalah bagian dari mesin yang berfungsi untuk memindahkan daya, membalikan dan mereduksi atau menaikkan putaran. Rantai adalah perantara dari poros satu ke poros lainnya. Keuntungan menggunakan *gear* dan rantai adalah mampu mencegah adanya slip dan daya yang ditransmisikan lebih besar daripada *pulley* dan *v-belt* [9].

2. Pulley dan V-Belt

Sama halnya dengan *gear*, *pulley* merupakan suatu bagian mesin yang berfungsi untuk melanjutkan putaran dari poros turbin menuju poros generator. *Pulley* juga dapat berfungsi untuk meningkatkan/menurunkan putaran [2]. *V-belt* sebagai perantara guna melanjutkan putaran yang dihasilkan dari *pulley* satu ke *pulley* yang lain. Keuntungan dari *pulley* dan *v-belt* ini tidak menimbulkan suara yang keras, biaya perawatan yang relatif murah dibandingkan dengan *gear*. Sedangkan kerugiannya tidak dapat menghasilkan tenaga yang kuat [7].

2.5 Perencanaan Desain Gear dan Pulley

Dalam menghitung variasi rasio *gear* dan *pulley* dapat menggunakan rumus berikut [5].

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

Keterangan :

N_1 = Kecepatan putar transmisi penggerak

N_2 = Kecepatan putar transmisi yang digerakkan

T_1 = Jumlah gigi transmisi penggerak

T_2 = Jumlah gigi transmisi yang digerakkan

3. METODE PENELITIAN

3.1 Perancangan Desain Variasi Rasio Gear

Dalam menentukan variasi rasio *gear* pada *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pihohidro (PLTPH) dapat menggunakan rumus sebelumnya dan didapatkan hasil sebagai berikut :

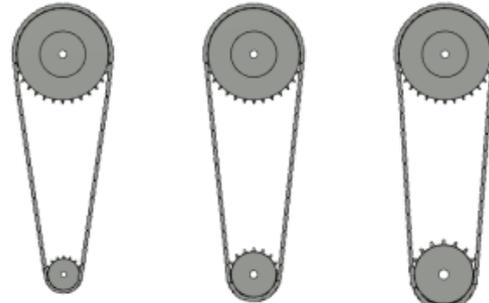
$$\frac{782,2}{2750} = \frac{1}{3,51} \approx \frac{1}{4}$$

Hasil perbandingan rasio *gear* antara *gear* penggerak dan *gear* yang digerakkan yaitu $\frac{1}{3,51}$ yang dibulatkan menjadi $\frac{1}{4}$. Penelitian ini menggunakan *gear* pada sepeda gayung, variasi rasio yang digunakan akan menyesuaikan *gear* dengan jumlah mata gigi yang ada di pasaran/penjual.

Variasi rasio *gear* yang digunakan pada *prototype* PLTPH adalah 4:1, 4:1,3 dan 4:2. Pada rasio *gear* 4:1, untuk *gear* penggerak didapat dengan jumlah 52 mata gigi dan *gear* yang digerakkan sejumlah 13 mata gigi. Selanjutnya untuk rasio *gear* 4:1,3, untuk *gear* penggerak menggunakan

gear dengan jumlah 52 mata gigi dan *gear* yang digerakkan sejumlah 17 mata gigi dan untuk rasio *gear* 4:2, untuk *gear* penggerak menggunakan *gear* dengan jumlah 52 mata gigi dan *gear* yang digerakkan sejumlah 26 mata gigi

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

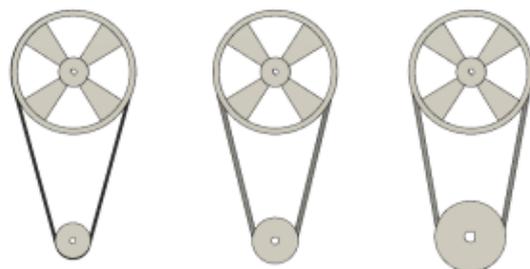


dan 4:2

3.2 Perancangan Desain Variasi Rasio Pulley

Pada penelitian ini menggunakan variasi rasio yang sama dengan variasi rasio *gear* yaitu, rasio 4:1, 4:1,3 dan 4:2. Pada rasio *pulley* 4:1, untuk *pulley* penggerak didapat dengan diameter 20 cm dan *pulley* yang digerakkan dengan diameter 5 cm Selanjutnya untuk rasio *pulley* 4:1,3, untuk *pulley* penggerak menggunakan *pulley* dengan diameter 20 cm dan *gear* yang digerakkan dengan diameter 6,5 cm dan untuk rasio *pulley* 4:2, untuk *pulley* penggerak menggunakan *pulley* dengan diameter 20 cm dan *gear* yang digerakkan dengan diameter 10 cm.

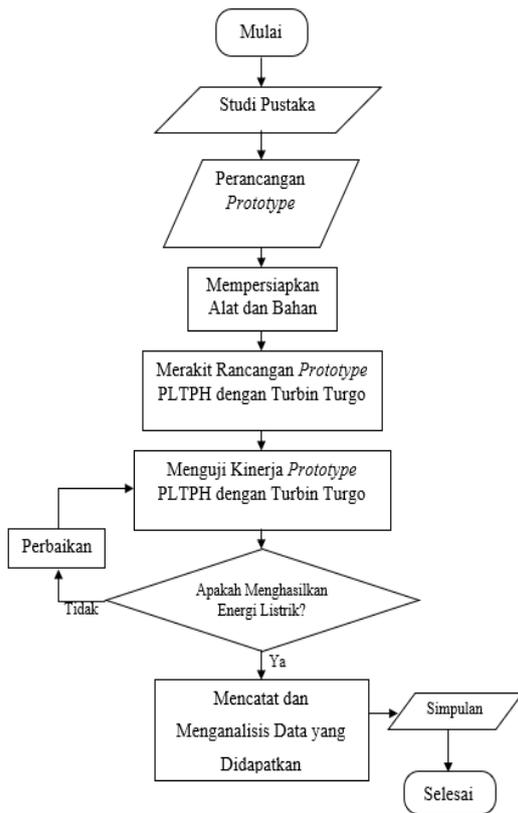
Gambar 3. Variasi Rasio Pulley 4:1, 4:1,3



dan 4:2

Secara sistematis, perancangan *prototype* PLTPH dengan menggunakan turbin turgo dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut :

Gambar 4. Flowchart Penelitian



Berdasarkan gambar 4, dapat dilihat tahapan – tahapan dalam merancang sebuah *prototype* PLTPH menggunakan turbin turgo yaitu, dimulai dari mencari jurnal atau artikel yang terkait dengan penelitian, lalu dilanjutkan dengan mempersiapkan desain dari *prototype* PLTPH dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 yang akan dijadikan acuan untuk membangun *prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro, lalu mempersiapkan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, berikutnya dilakukan perakitan *prototype* PLTPH yang dilanjutkan dengan menguji kinerja *prototype*. Pada tahap ini, *prototype* PLTPH dikatakan sudah sesuai jika tidak ada kebocoran, *runner* dapat berputar, posisi *nozzle* mengarah ke tengah sudu turbin dan dapat menghasilkan listrik, lalu mencatat dan menganalisa data yang didapat berupa hasil putaran pada turbin dan generator serta *output* tegangan dan arus dari generator dan menarik kesimpulan dari data hasil yang diperoleh.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penerapan *Prototype* PLTPH Turbin Turgo

Realisasi *prototype* PLTPH dengan turbin turgo dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Implementasi *Prototype* PLTPH

Berdasarkan gambar 5, dapat dilihat pada *prototype* PLTPH terdapat beberapa komponen diantaranya, turbin turgo, generator, rumah turbin, *nozzle*, poros turbin, *pillow*, *gear* dan *pulley*, pompa dan generator listrik.

4.2 Penerapan *Gear* Pada *Prototype* PLTPH dengan Turbin Turgo

Pada *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) menggunakan transmisi daya mekanik berupa *gear* dengan rasio bervariasi, yaitu 4:1, 4:1,3 dan 4:2.



Gambar 6. Realisasi *Gear* 4:1



Gambar 7. Realisasi *Gear* 4:1,3



Gambar 8. Realisasi Gear 4:2

4.3 Penerapan Pulley Pada Prototype PLTPH dengan Turbin Turgo

Pada Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro (PLTPH) menggunakan transmisi daya mekanik berupa pulley dengan rasio bervariasi, yaitu 4:1, 4:1,3 dan 4:2.



Gambar 9. Realisasi Pulley 4:1



Gambar 10. Realisasi Pulley 4:1,3



Gambar 11. Realisasi Pulley 4:2

4.4 Pengujian Prototype PLTPH dengan Turbin Turgo

Dalam pengujian prototype PLTPH dilakukan pengukuran beberapa parameter diantaranya, pengukuran putaran turbin, putaran generator, tegangan dan arus

generator. Serta melakukan perhitungan terhadap data hasil pengukuran diantaranya, daya, torsi serta slip yang terjadi pada pulley.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Prototype PLTPH dengan Transmisi Gear Rasio 4:1

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 691,2 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 504,4 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 2739,2 rpm (tidak berbeban) |
| | | 2114,9 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 19,94 Volt (tidak berbeban) |
| | | 10,99 Volt (berbeban 250W) |
| 4. | Arus | 4,43 Ampere |
| 5. | Daya | 48,70 Watt |
| 6. | Torsi | 0,673 Nm |

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Prototype PLTPH dengan Transmisi Gear Rasio 4:1,3

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 708,4 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 516,2 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 2293,4 rpm (tidak berbeban) |
| | | 1893,8 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 16,74 Volt (tidak berbeban) |
| | | 10,58 Volt (berbeban 250W) |
| 4. | Arus | 3,86 Ampere |
| 5. | Daya | 40,87 Watt |
| 6. | Torsi | 0,551 Nm |

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Prototype PLTPH dengan Transmisi Gear Rasio 4:2

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 724,2 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 682 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 1581,8 rpm (tidak berbeban) |
| | | 1373,8 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 11,56 Volt (tidak berbeban) |
| | | 9,21 Volt (berbeban 250W) |
| 4. | Arus | 1,61 Ampere |
| 5. | Daya | 15,48 Watt |
| 6. | Torsi | 0,204 Nm |

Berdasarkan tabel 1,2, dan 3 dilihat bahwa hasil tertinggi pengujian *prototype* PLTPH dengan turbin turgo diperoleh pada rasio *gear* 4;1. *Gear* yang akan menghubungkan turbin dengan generator menggunakan rantai, pada saat *gear* turbin berputar sebanyak 1 kali maka *gear* generator akan menghasilkan putaran sebanyak 2 kali perbandingan *gear* untuk mendapatkan putaran yang diperlukan generator. Semakin kecil perbandingan rasio *gear* akan membuat putaran *gear* yang digerakan semakin cepat, maka hasil yang dikeluarkan pada *prototype* lebih tinggi.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian *Prototype* PLTPH dengan Transmisi *Pulley* Rasio 4:1

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 679,4 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 491,6 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 2576 rpm (tidak berbeban) |
| | | 1930,8 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 19,07 Volt (tidak berbeban) |
| | | 10,72 Volt (berbeban 250W) |

| | | |
|----|--------------------|--------------------------|
| 4. | Arus | 4,29 Ampere |
| 5. | Daya | 45,95 Watt |
| 6. | Torsi | 0,646 Nm |
| 7. | Slip <i>Pulley</i> | 0,281 % (tidak berbeban) |
| | | 0,239 % (berbeban 250W) |

Tabel 5. Data Hasil Pengujian *Prototype* PLTPH dengan Transmisi *Pulley* Rasio 4:1,3

| No. | Parameter | Nilai |
|-----|--------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 681,6 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 498,5 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 2053,6 rpm (tidak berbeban) |
| | | 1807 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 16,06 Volt (tidak berbeban) |
| | | 10,50 Volt (berbeban 250W) |
| 4. | Arus | 3,87 Ampere |
| 5. | Daya | 40,63 Watt |
| 6. | Torsi | 0,570 Nm |
| 7. | Slip <i>Pulley</i> | 0,272 % (tidak berbeban) |
| | | 0,315 % (berbeban 250W) |

Tabel 6. Data Hasil Pengujian *Prototype* PLTPH dengan Transmisi *Pulley* Rasio 4:2

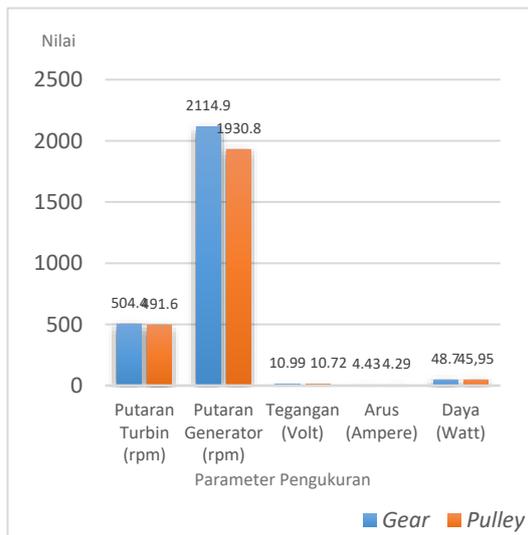
| No. | Parameter | Nilai |
|-----|-------------------|---|
| 1. | Putaran Turbin | 703,2 rpm (sebelum dihubungkan generator) |
| | | 615,6 rpm (setelah dihubungkan generator) |
| 2. | Putaran Generator | 1385,2 rpm (tidak berbeban) |
| | | 1235,8 rpm (berbeban) |
| 3. | Tegangan | 10,51 Volt (tidak berbeban) |

| | | |
|----|-------------|-----------------------------|
| | | 8,8 Volt (berbeban 250W) |
| 4. | Arus | 1,23 Ampere |
| 5. | Daya | 10,83 Watt |
| 6. | Torsi | 0,147 Nm |
| 7. | Slip Pulley | 0,127 % (tidak berbeban) |
| | | 0,027 % (berbeban 250W) |

Berdasarkan tabel 4,5, dan 6 dilihat bahwa hasil tertinggi pengujian *prototype* PLTPH dengan turbin turgo diperoleh pada rasio *pulley* 4;1. *Pulley* yang akan menghubungkan turbin dengan generator menggunakan *v-belt*, pada saat *pulley* turbin berputar sebanyak 1 kali maka *pulley* generator akan menghasilkan putaran sebanyak 2 kali perbandingan *pulley* untuk mendapatkan putaran yang diperlukan generator. Semakin kecil perbandingan rasio *pulley* akan membuat putaran *pulley* yang digerakan semakin cepat, maka hasil yang dikeluarkan pada *prototype* lebih tinggi.

4.5 Perbandingan Hasil Antara Penggunaan Transmisi Gear dan Pulley

Perbandingan dilakukan dengan membandingkan hasil data terbaik pada masing-masing transmisi *gear* dan *pulley*.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Data Hasil *Output* Antara Transmisi *Gear* dan *Pulley*

Berdasarkan gambar 11, dilihat bahwa hasil tertinggi diperoleh pada transmisi *gear*. Perbedaan hasil ini terjadi karena pada

transmisi *gear*, torsi yang bekerja lebih besar dan *gear* mempunyai efisiensi yang lebih tinggi, sedangkan pada transmisi *pulley* terdapat slip pada *pulley* dan *v-belt* yang dapat mempengaruhi daya putar pada transmisinya.

5. KESIMPULAN

Transmisi *gear* menghasilkan *output* listrik yang lebih baik dibandingkan dengan transmisi *pulley*. Pada transmisi *gear* 4:1 mendapatkan hasil daya *output* generator sebesar 48,70 pada saat berbeban 250 Watt, sedangkan pada transmisi *pulley* 4:1 mendapatkan hasil daya *output* generator sebesar 45,95 pada saat berbeban 250 Watt. Hal ini terjadi karena pada transmisi *gear* torsi yang bekerja lebih besar dan mempunyai efisiensi yang tinggi, sedangkan pada transmisi *pulley* terdapat slip pada *pulley* dan *v-belt* yang dapat menyebabkan kehilangan daya transmisi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. G. P. A. K. Artha K, I. W. A. Wijaya and I. G. N. Janardana, "Rancang Bangun Prototype PLTMH Dengan Turbin Turgo," *SPEKTRUM*, vol. 9, no. 2, 2022.
- [2] T. M. Ismaya, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Rasio Pulley Terhadap Daya Listrik Yang Dihasilkan Generator Pada Turbin Pelton," 2021.
- [3] H. S. Prayoga, "Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikrohidro Jenis Turbin Turgo," 2019.
- [4] I. G. W. Putra, A. I. Weking and L. Jasa, "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," vol. 17, no. 3, pp. 385-392, 2018.
- [5] I. G. N. A. Raditya, L. Jasa and I. W. A. Wijaya, "Analisis Pengaruh Penambahan Gearbox Pada Turbin Archimedes Screw untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)," *SPEKTRUM*, vol. 8, no. 3, pp. 164-174, 2021.
- [6] J. D. Siburian and Syawaldi, "Analisa Slip Transmisi Pulley dan V-Belt Pada Beban Tertentu Dengan Menggunakan Motor Berdaya ¼ HP," 2019.

- [7] H. Mahmudi, "Analisa Perhitungan Pulley dan V-Belt Pada Sistem Transmisi Mesin Pencacah," vol. 4, no. 1, pp. 40-46, 2021.
- [8] K. Gaiser, P. Stroeve and J. P. Delplanque, "An Experimental Investigation Of Design Parameter for Pico-Hydro Turgo Turbine Using a Response Surface Methodology," *Renewable Energy*, vol. 85, pp. 406-418, 2016.
- [9] T. Hidayat, N. Supriyana, P. Londa, Jamari and D. Setiawan, "Analisa Running-In Roda Gigi Transmisi Produk Usaha Kecil Menengah," *ROTASI*, vol. 15, no. 2, pp. 12-17, 2013.