

## PROTOTIPE PLTPH DENGAN TURBIN PELTON

Gilga<sup>1</sup>, Eria<sup>2</sup>, Hairanus<sup>3</sup>

Teknik Konversi Energi<sup>1,2,3</sup>, Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan

gilgaelia@students.polmed.ac.id<sup>1</sup>, eriaulina@students.polmed.ac.id<sup>2</sup>, h.iranustar@gmail.com<sup>3</sup>

### ABSTRAK

PLTPH adalah pembangkit listrik tenaga air berskala pikohidro yang keluarannya tidak lebih dari 5 kiloWatt. PLTPH tidak menimbulkan polusi dan bahkan disebut *renewable energy* karena dapat diperbaharui secara sendirinya oleh alam. Dalam pembangkit listrik tenaga air diperlukan volume air atau debit. Memahami debit aliran sungai yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air sangat penting untuk mengetahui jumlah tenaga air yang tersedia. Dirancang prototipe ini, agar orang dapat mengerti konsep dasar PLTPH, rancangannya serta bagaimana hubungan debit air dengan keluaran generator. Prototipe Pembangkit Listrik ini menggunakan Turbin Pelton. Turbin yang diuji memiliki diameter 0.3 meter dengan 17 buah sudu. Generator yang digunakan adalah generator permanen magnet 220 AC dengan maksimal putaran 3500 rpm, dan daya 300 Watt. Tegangan paling tinggi yang dapat dihasilkan dengan menggunakan beban ialah sebesar 88 Volt dengan daya sebesar 17.6 Watt.

**Kata Kunci :** Pikohidro, Debit, Turbin, Generator

### PENDAHULUAN

Setiap hari kita manusia dikelilingi oleh inovasi terpenting sepanjang masa, yaitu listrik. Disebut terpenting, karena setiap aktivitas yang dilakukan manusia memerlukan listrik di dalamnya. Listrik tidak hanya digunakan untuk menghidupkan lampu di rumah, tetapi listrik juga ada untuk mendukung banyak industri, seperti industri teknologi. Jika ide listrik dan penciptaannya tidak terjadi, maka tidak ada teknologi dan kehidupan tidak akan sama. Listrik juga merupakan energi yang dapat dengan mudah disalurkan atau ditransmisikan ke masyarakat. Listrik dapat dihasilkan oleh beberapa sumber. Salah satu sumber yang akan dibahas ialah sumber tenaga air.

Tenaga air merupakan sumber energi terbarukan (*renewable energy*) yang dimana tenaga air bisa diperbaharui secara alamiah oleh alam. Pembangkit listrik tenaga air juga tidak menimbulkan polusi dan bahkan menjadi salah satu solusi dalam mengurangi tingginya produksi emisi karbon dan polusi udara yang disebabkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil seperti batubara, gas dan minyak bumi. Ditambah lagi Indonesia adalah negara maritim yang mempunyai sumber air yang sangat melimpah. Dalam pembangkit listrik tenaga air diperlukan volume air atau debit. Memahami debit aliran sungai yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga air sangat penting untuk mengetahui jumlah tenaga air yang tersedia. Semakin besar alirannya maka semakin banyak juga energi yang tersedia untuk diubah menjadi energi listrik.

Ada beberapa tingkatan dalam pembangkit listrik tenaga air, salah satunya pikohidro. Pikohidro adalah pembangkit listrik dengan skala yang kecil yang mana daya keluarannya tidak lebih besar dari 5 kiloWatt. Pembangkit listrik tenaga pikohidro ini salah satu pembangkit listrik skala kecil yang dapat dibuat di daerah pedesaan dengan debit air yang kontiniu dan tinggi jatuh air yang rendah untuk menggerakkan turbin yang dapat menghasilkan daya listrik. Prototipe ini dirancang menggunakan turbin pelton yang mudah dalam instalasi dan menggunakan generator permanen magnet dengan maksimal keluaran daya 300 Watt. Cara kerja pembangkit jenis ini ialah air yang jumlahnya tertentu lalu menumbuk *bucket* hingga turbin berputar, kemudian putaran turbin memutar poros dan juga memutar generator yang pada akhirnya akan membangkitkan generator untuk menghasilkan listrik.

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah yang diangkat yaitu bagaimana konsep dasar prototipe PLTPH dan rancangannya serta bagaimana perubahan daya terhadap variasi debit. Tujuan dari perancangan ini yaitu menghasilkan tegangan AC 1 Phasa 220 Volt dengan menggunakan energi potensial air serta mengukur output tegangan yang dihasilkan dengan mengubah debit air keluaran pompa.

### TINJAUAN PUSTAKA

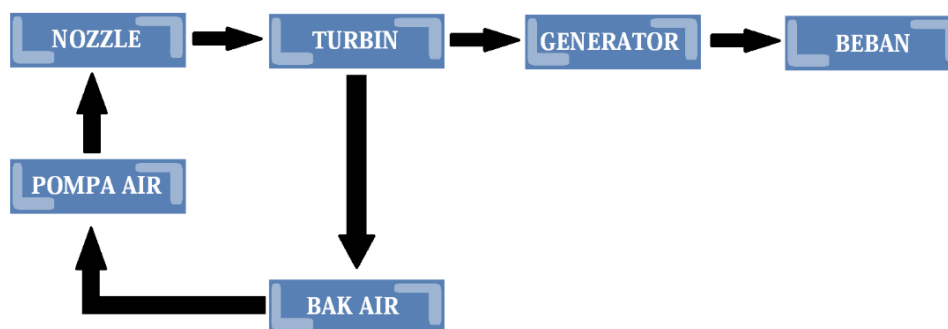
Berikut ini hasil penelitian yang membahas tentang perkembangan sistem PLTPH yang dijadikan referensi untuk perancangan prototipe pembangkit listrik tenaga pikohidro menggunakan turbin pelton ini. 75.650 MW adalah jumlah energi air yang dimiliki Negara Indonesia dan tertulis di sebuah analisa. Dengan itu sebenarnya Indonesia termasuk kategori yang mempunyai energi air cukup besar. Ada setidaknya 6% energi air yang dimana digunakan untuk mendistribusikan listrik ke daerah terpencil. Dan hal itu terutama pada pulau Jawa dan Bali. Jadi, pikohidro ini adalah salah satu solusi yang akan membantu daerah terpencil yang belum dialiri listrik dan belum dapat dijangkau PLN yang mana sebenarnya PLN harus mengusahakannya. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan kepada negara yang katanya ingin mensejahterakan masyarakat, sebab potensinya besar dan kebutuhan masyarakat akan listrik masih besar. (Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025).

Penelitian berikutnya membahas mengenai energi mula pada sistem pembangkit listrik yaitu energi kinetik dari air. Namun, walaupun pemanfaatannya sudah banyak digunakan, pemanfaatan energi air lebih cenderung menggunakan energi potensial dari air. Pada penelitiannya, Turbin sebagai penggerak pemula akan memanfaatkan energi kinetik air, lalu poros turbin juga akan berputar yang menyebabkan generator akan ikut berputar yang mana generator akan menghasilkan listrik (Hendarto, 2012: 5).

### METODE PENELITIAN

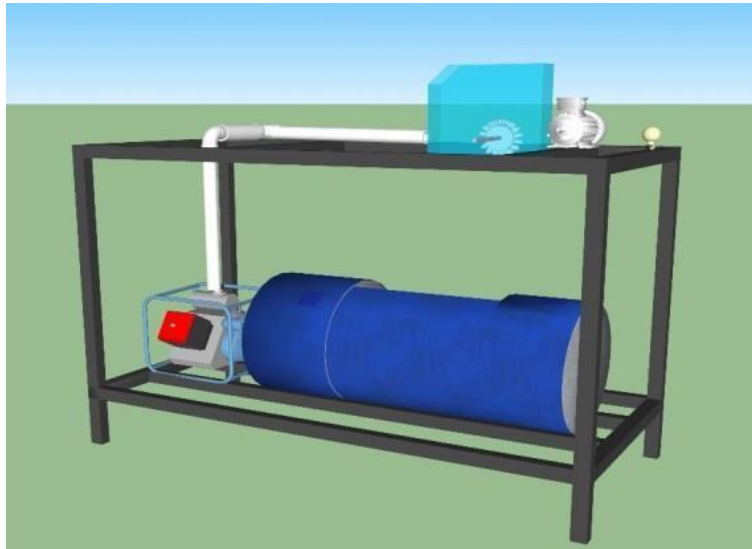
Metode yang dilakukan ialah *research and development*. Metode ini adalah suatu proses atau langkah – langkah untuk mengembangkan suatu produk baru. Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dirancang turbin pelton. Banyak referensi dari peneliti yang sudah melakukan penelitian yang dibutuhkan dalam proses langkah perencanaan dan desain pembuatan prototype ini. Jika perencanaan yang matang, maka akan memberikan gambaran untuk pembuatannya, desain yang telah dilakukan pun tentu saja akan memberikan hasil yang maksimal.

Perancangan dilakukan di Medan, Jl. Nanggarjati no. 76 B, Kel. Sidorame Timur, Kec. Medan Perjuangan, Kota Medan.



Gambar 1. Diagram Alir  
Sumber: Gilga, 2021

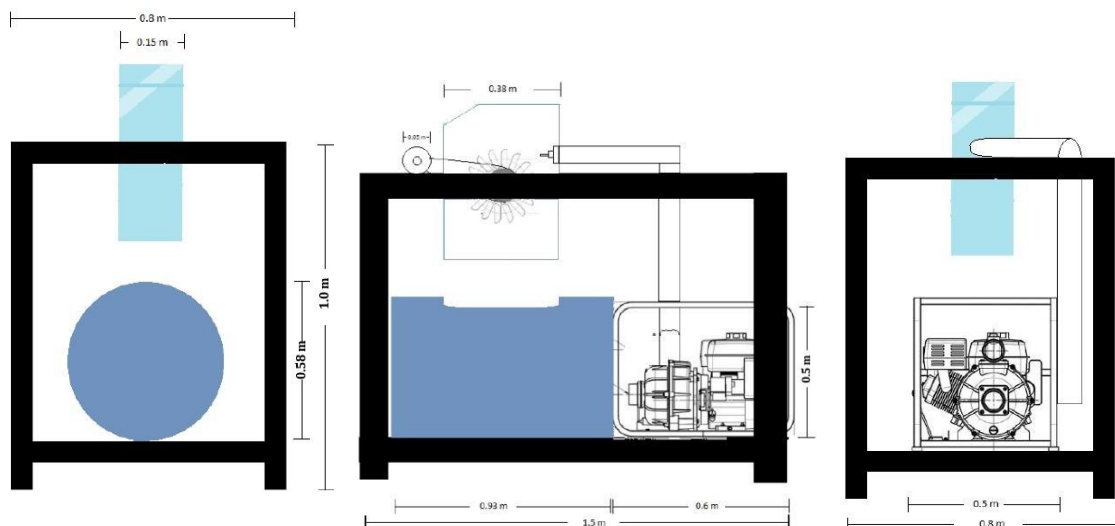
Komponen dari prototipe PLTPH ini terdiri dari bak air, kemudian pompa akan memompa air dan mengarahkan alirannya dengan pipa dan *nozzle* ke arah turbin air. Turbin air akan berputar dan juga akan memutar generator yang terhubung dengan satu poros yang sama. Kemudian output dari generator diatur dengan frekuensi 50 Hz dan tegangan 220 volt AC yang nantinya dapat digunakan oleh perangkat listrik sebagai beban.



Gambar 2. Desain Perancangan  
Sumber: Gilga, 2021

Dari hasil rancangan diatas, ukuran dari rangka nya ialah: panjang 1,5 meter, lebar 0,8 meter, dan tinggi 1 meter. Rangka prototipe dirancang untuk tempat meletakkan pompa yang dipergunakan sebagai ganti aliran sungai dan sebuah bak penampung hingga ke turbin.

Bak penampung ini mempunyai kapasitas sebesar 200 Liter. Turbin pelton ditempah dengan ukuran 0.3 meter, dengan lebar sudu 0.05 meter sebanyak 17 buah dan dengan sudut kemiringan  $30^\circ$ . Pulli yang digunakan adalah pulli dengan perbandingan 1 : 2, yang mana pada turbin, pulli nya berdiameter 7 inch dan pada generator berdiameter 3.5 inch. *Nozzle* yang digunakan berdiameter 6.25 milimeter dengan generator permanen magnet 220 AC dengan maksimal putaran 3500 rpm dan arus 1.36 A. Pompa yang dipakai ialah pompa *centrifugal* yang memakai bensin sebagai bahan bakar dengan head sebesar 27 meter dan kapasitas maksimal  $1100 \text{ m}^3/\text{menit}$  dan maksimal putaran 3600 rpm.



Gambar 3. Skenario Desain Perancangan  
Sumber: Gilga, 2021

Dalam skenario uji coba alat dilakukan pengumpulan data, data yang dikumpulkan yaitu debit, rpm, tegangan dan arus. Skenario awal dilakukan dengan cara mengumpulkan debit, debit diukur dengan cara mengukur waktu yang dibutuhkan untuk mengisi bak air dengan menggunakan *nozzle*. Kapasitas akan didapatkan dengan cara membagikan volume dengan waktu dalam satuan detik. Skenario tahap

dua dilakukan dengan cara mengukur rpm. Rpm diukur pada pulli generator dan menggunakan tachometer. Selanjutnya diukur tegangan pada output generator menggunakan voltmeter dan pada tahap akhir dilakukan pengukuran arus pada keluaran generator menggunakan clampmeter. Selanjutnya, data – data diatas akan dipergunakan untuk menganalisa pengaruh variasi debit pada keluaran generator.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan dengan beberapa tahap, pengukuran debit, rpm, tegangan dan arus. Dari tahap – tahap tersebut akan memberi gambaran pengaruh debit aliran air terhadap keluaran generator. Bagian dari pembahasan memaparkan hasil pengolahan data dan interpretasi hasil penelitian yang diperoleh serta mengaitkan dengan sumber rujukan yang relevan. Hasil pengujian prototipe dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini :

**Tabel 1.** Pengujian Turbin Tanpa Beban

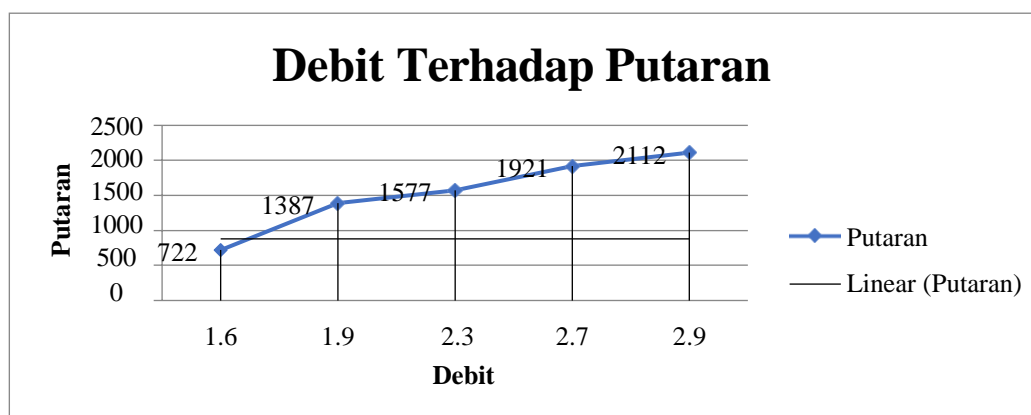
| No | Debit (Liter/detik) | Putaran ( Rpm ) | Tegangan ( Volt ) |
|----|---------------------|-----------------|-------------------|
| 1  | 2.3                 | 2300            | 90                |

Pada percobaan turbin tanpa dihubungkan pada beban, di debit 2.3 L/s ( $0.0023 \text{ m}^3/\text{s}$ ), putaran yang terukur pada turbin ialah 2300 rpm dan tegangan yang dibangkitkan adalah sebesar 90 Volt.

**Tabel 2.** Kondisi Lampu pada Pengujian Turbin Dengan Menggunakan Beban Lampu 5 Watt (60 - 285 Volt) sebanyak 2 buah

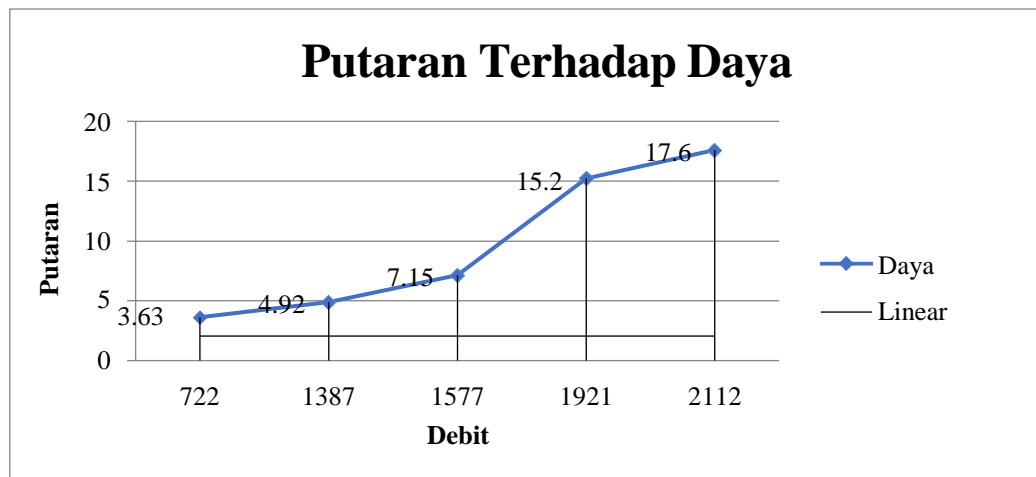
| No | Debit (Liter/detik) | Putaran (Rpm) | Tegangan (Volt) | Daya (Watt) | Arus (Ampere) | Kondisi Lampu  |
|----|---------------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|
| 1  | 1.6                 | 722           | 33              | 3.63        | 0,11          | Redup          |
| 2  | 1.9                 | 1387          | 41              | 4,92        | 0,12          | Menyala        |
| 3  | 2.3                 | 1577          | 55              | 7,15        | 0,13          | Menyala Terang |
| 4  | 2.7                 | 1921          | 76              | 15,2        | 0.2           | Menyala Terang |
| 5  | 2.9                 | 2112          | 88              | 17,6        | 0.2           | Menyala Terang |

Saat di beri beban 2 buah lampu LED dengan daya masing – masing 5 Watt, 60-285 V, kondisi lampu bertahap dari redup menjadi menyala terang. Percobaan dimulai dari saat debit sebesar 1.6 L/s ( $0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 3.63 W yang didapatkan dari hasil perkalian antara arus (I) dan Voltase (V). Di percobaan akhir, saat debit mencapai 2.9 L/s ( $0.0029 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 17.6 Watt dengan keadaan lampu menyala terang.



Gambar 4. Grafik Hubungan antara Debit dengan Putaran pada Tabel 2  
Sumber: Gilga, 2021

Dapat dilihat dari grafik diatas, semakin besar debit air yang dikeluarkan, maka semakin besar putaran yang dihasilkan.



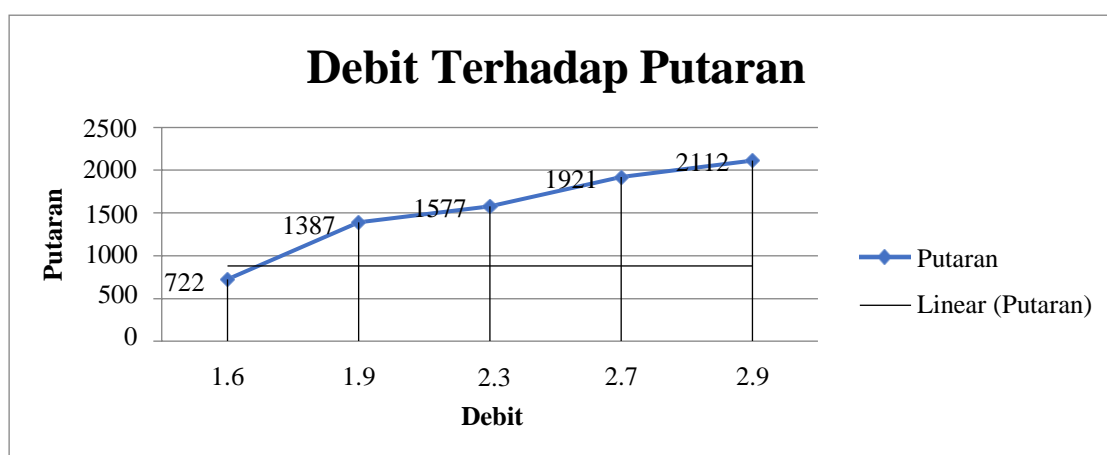
Gambar 5. Grafik Hubungan antara Putaran dengan Daya pada Tabel 2  
Sumber: Gilga, 2021

Dapat dilihat dari grafik diatas, dengan semakin besarnya debit air, maka putaran generator juga akan semakin besar. Semakin besar putaran generator, maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan dan akan semakin besar pula daya yang terbangkitkan.

**Tabel 3.** Kondisi Lampu pada Pengujian Turbin Dengan Beban Lampu 5 Watt (100 - 240 Volt) sebanyak 1 buah

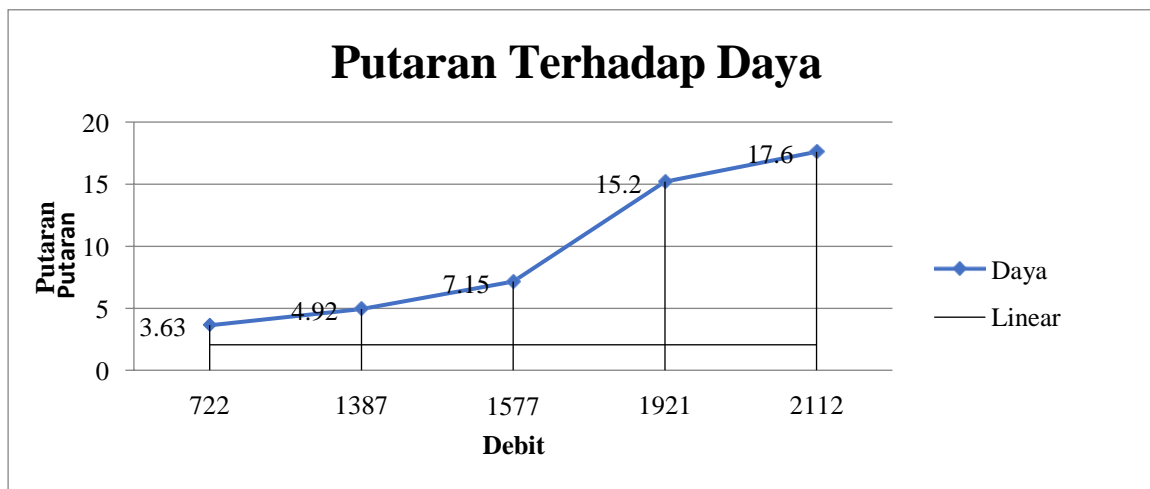
| No | Debit (Liter/detik) | Putaran (Rpm) | Tegangan (Volt) | Daya (Watt) | Arus (Ampere) | KondisiLampu   |
|----|---------------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|----------------|
| 1  | 1.6                 | 722           | 33              | 3.63        | 0,11          | Redup          |
| 2  | 1.9                 | 1387          | 41              | 4.92        | 0,12          | Redup          |
| 3  | 2.3                 | 1577          | 55              | 7,15        | 0,13          | Menyala        |
| 4  | 2.7                 | 1921          | 76              | 15,2        | 0.2           | Menyala Terang |
| 5  | 2.9                 | 2112          | 88              | 17,6        | 0.2           | Menyala Terang |

Saat di beri beban lampu LED dengan daya 5 Watt, 110 – 240 V, kondisi lampu bertahap dari redup menjadi menyala terang. Percobaan dimulai dari saat debit sebesar 1.4 L/s ( $0.0014 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 3.5 W yang didapatkan dari hasil perkalian antara arus (I) dan Voltase (V). Di percobaan akhir, saat debit 2.9 L/s ( $0.0029 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 17.6 Watt dengan keadaan lampu menyala terang.



Gambar 6. Grafik Hubungan antara Debit dengan Putaran pada Tabel 3  
Sumber: Gilga, 2021

Dapat dilihat dari grafik diatas, semakin besar debit air yang dikeluarkan, maka semakin besar putaran yang dihasilkan.



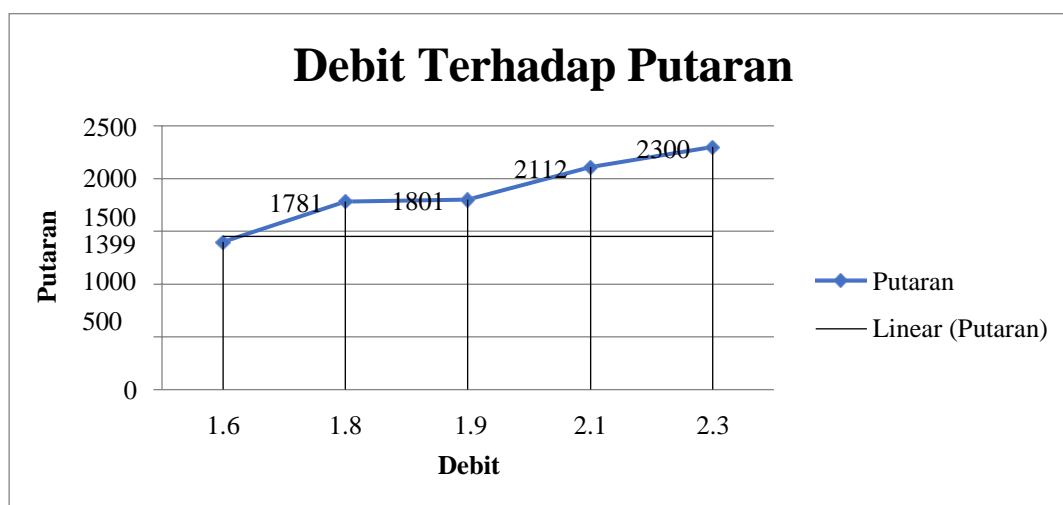
Gambar 7. Grafik Hubungan antara Putaran dengan Daya pada Tabel 3  
Sumber: Gilga, 2021

Dapat dilihat dari grafik diatas, dengan semakin besarnya debit air, maka putaran generator juga akan semakin besar. Semakin besar putaran generator, maka akan semakin besar pula tegangan yang dihasilkan dan akan semakin besar pula daya yang terbangkitkan.

**Tabel 4.** Kondisi Lampu pada Pengujian Turbin Dengan Beban Lampu Pijar 15 Watt (220 - 240 Volt) sebanyak 1 buah

| No. | Debit (Liter/detik) | Putaran (Rpm) | Tegangan (Volt) | Daya (Watt) | Arus (Ampere) | Kondisi Lampu |
|-----|---------------------|---------------|-----------------|-------------|---------------|---------------|
| 1   | 1.6                 | 1399          | 46              | 4,6         | 0,11          | Redup         |
| 2   | 1.8                 | 1781          | 54              | 5,94        | 0,12          | Redup         |
| 3   | 1.9                 | 1801          | 60              | 6,6         | 0,13          | Redup         |
| 4   | 2.1                 | 2112          | 75              | 9           | 0.2           | Redup         |
| 5   | 2.3                 | 2300          | 88              | 17,6        | 0.2           | Redup         |

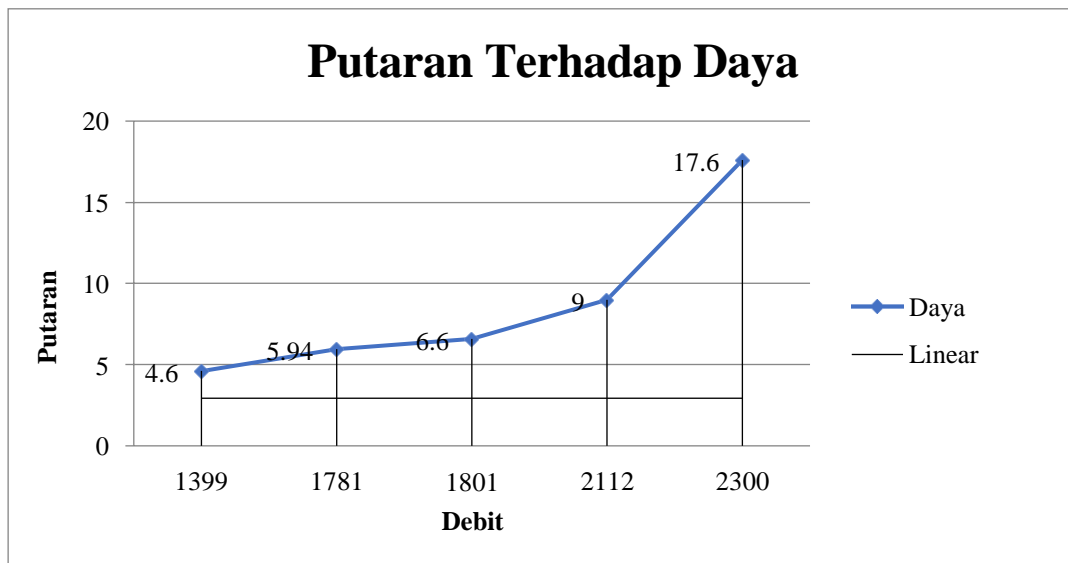
Saat di beri beban lampu pijar dengan daya 15 Watt, 220 – 240 V, kondisi lampu bertahap dari tidak menyala menjadi redup. Saat debit sebesar 1.6 L/s ( $0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 4.6 W yang didapatkan dari hasil perkalian antara arus (I) dan Voltase (V). Di percobaan akhir, saat debit 2.1 L/s ( $0.0021 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 9 Watt dengan keadaan lampu redup.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Debit dengan Putaran pada Tabel 4

Sumber: Gilga, 2021

Dapat dilihat dari grafik diatas, semakin besar debit air yang dikeluarkan, maka semakin besar putaran yang dihasilkan.



Gambar 9. Grafik Hubungan antara Putaran dengan Daya pada Tabel 4  
Sumber: Gilga, 2021

Saat di beri beban lampu pijar dengan daya 15 Watt, 220 – 240 V, kondisi lampu bertahap dari tidak menyala menjadi redup. Saat debit sebesar 1.6 L/s ( $0.0016 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 4.6 W yang didapatkan dari hasil perkalian antara arus (I) dan Voltase (V). Di percobaan akhir, saat debit 2.1 L/s ( $0.0021 \text{ m}^3/\text{s}$ ), daya yang terbangkitkan adalah sebesar 9 Watt dengan keadaan lampu redup.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa tegangan AC yang dihasilkan oleh sebuah generator permanen magnet bergantung pada debit air yang dikeluarkan oleh pompa. Semakin besar debit air yang dikeluarkan pompa maka semakin besar juga putaran generator, dengan demikian maka tegangan yang dihasilkan juga akan semakin besar. Begitu pula dengan daya yang dihasilkan, karena tegangan dan daya berbanding lurus. Tegangan yang dapat

dihasilkan oleh turbin tanpa diberi beban ialah sebesar 90 Volt, sementara tegangan tertinggi pada kondisi berbeban ialah sebesar 88 Volt pada rpm 2300. Daya tertinggi yang dapat terbangkitkan oleh prototipe ini adalah sebesar 17.6 Watt. Disarankan untuk menambah putaran yang akan mengakibatkan tegangan yang semakin besar ialah memperbesar perbandingan pulli yang ada.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Politeknik Negeri Medan melalui Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M) yang telah mendanai penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Muhammad Fajar. 2019. Analisa Pengaruh Penggunaan NACA 9410 Pada Sudu Turbin Vortex Tenaga Pichidro terhadap Tinggi Jatuh Air dan Penyempitan Alliran Air. Malang. <https://eprints.itn.ac.id/3966/16/> diakses 3 Juni 2021.

- Huda Setya Prayoga. 2019. Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Jenis Turbin Turgo. Yogyakarta. <https://dspace.uin.ac.id/handle/123456789/16372>/diakses 3 Juni 2021.
- Boby Handoko. 2020. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro Dengan Memanfaatkan Aliran Irigasi di Desa Padang Cermin Kabupaten Langkat. Medan. <http://jurnal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/1836/1674>/diakses 20 Juni 2021.
- Wayan Ratnata., Wasimudin Surya.,Maman Somantri., 2013. Analisis Potensi Pembangkit Energi Listrik Tenaga Air di Saluran Air Sekitar Universitas Pendidikan Indonesia.FPTK EXPO 2013 [https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal\\_ENGINE/article/view/733](https://ejournal.up45.ac.id/index.php/Jurnal_ENGINE/article/view/733)/diakses 18 Juni 2021.
- Indra Kurniawan. 2012. Pemilihan dan Perawatan Bantalan pada Mesin Uji Tarik Kecil. Depok <https://www.coursehero.com/file/52803134/digital-20304192-S42117-Indra-Kurniawan.pdf>/diakses pada 10 Juni 2021.
- Adi Simamora. 2019. Generator Sinkron. Medan. <https://repository.uhn.ac.id/bitstream/handle/123456789/3245/Adi%20Saputra%20Simamora.pdf> diakses pada 31 Agustus 2021.