

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Motor Dc Pada Penerapan Metode Light Trap

Taufik Indra Amirudin

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : taufik.19029@mhs.unesa.ac.id

Mahendra Widyartono., Reza Rahmadian., Aditya Chandra H.

D4 Teknik Listrik, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
e-mail : mahendrawidyartono@unesa.ac.id, rezarahmadian@unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id

Abstrak

Energi listrik telah menjadi kebutuhan pokok dalam kehidupan saat ini, karena merupakan sumber energi yang memacu aktivitas dan mobilitas manusia modern. Namun, sumber energi listrik konvensional seperti batu bara, gas, minyak, dan nuklir memiliki keterbatasan dalam persediaannya. Oleh karena itu, manusia mencari alternatif sumber energi listrik yang dapat diperbarui. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji tegangan, arus, dan rpm yang dihasilkan oleh generator dc, serta efisiensi turbin pelton 12 sudu dengan diameter turbin 25cm dan lebar sudu 6cm dengan menerapkan metode light trap. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif melalui studi literatur, studi observasi dan pengambilan data, perhitungan dan analisis, studi bimbingan, dan perancangan pembangkit listrik tenaga pikohidro. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa efisiensi turbin rata-rata selama tiga hari mencapai 86,97% pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro berbasis motor dc dengan penerapan metode light trap. Berdasarkan perumusan perancangan daya potensial air, diperlukan debit air minimal sebesar 0,00318m³ dengan ketinggian jatuh air 1 meter. Dari perhitungan tersebut, diperoleh daya potensial air sebesar 31,16 Watt, yang dapat digunakan untuk menyalakan beban lampu dengan total daya 30 Watt. Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan rata-rata yang dihasilkan setelah 11 jam pengujian selama 3 hari adalah 42,9 Volt ketika tanpa beban, dan 12,28 Volt ketika diberi beban 2 buah lampu masing-masing 15 Watt 12 Volt. Arus yang dihasilkan ketika berbeban mencapai rata-rata 2,42 Ampere. Selain itu, rpm yang dihasilkan oleh turbin pada debit air rata-rata 0,00318m³/s adalah 261,1 rpm, sedangkan rpm yang dihasilkan oleh generator adalah 251,86 rpm.

Kata Kunci: pikohidro, tegangan, arus, turbin.

Abstract

Electric energy has become a fundamental necessity in today's life as it drives the activities and mobility of modern humans. However, conventional sources of electrical energy such as coal, gas, oil, and nuclear have limited availability. Therefore, people are seeking alternative sources of renewable electrical energy. This research aims to investigate the voltage, current, and rpm produced by a DC generator, as well as the efficiency of a 12-blade Pelton turbine with a turbine diameter of 25cm and a blade width of 6cm using the light trap method. The research adopts a quantitative approach, involving literature review, observation and data collection, calculations and analysis, guidance studies, and the design of a pico-hydro power plant. The research results show that the average turbine efficiency over three days reaches 86.97% in the pico-hydro power plant system based on a DC motor using the light trap method. Based on the formulation of water potential power design, a minimum water discharge of 0.00318m³ with a water head of 1 meter is required. The calculations yield a water potential power of 31.16 Watts, which is sufficient to power a load of 30 Watts for lamps. The testing results indicate that the average voltage generated after 11 hours of testing over three days is 42.9 Volts without a load, and 12.28 Volts when loaded with two 15 Watt 12 Volt lamps. The average current generated under load reaches 2.42 Amperes in the pico-hydro power plant system. Additionally, the turbine's rpm at an average water discharge of 0.00318m³/s is 261.1 rpm, while the generator produces 251.86 rpm.

Keywords: picohydro, voltage, current, turbine.

PENDAHULUAN

Energi listrik telah menjadi salah satu kebutuhan primer pada zaman modern karena menjadi sumber energi utama untuk menggerakkan aktivitas dan

mobilitas manusia. Sumber energi listrik konvensional, seperti batu bara, gas, minyak, dan nuklir, memiliki persediaan yang terbatas. Oleh karena itu, manusia semakin tertarik untuk memanfaatkan sumber energi listrik yang terbarukan. Air merupakan sumber energi

terbarukan yang sangat potensial untuk digunakan sebagai pembangkit listrik. Hanya sekitar 4,2 GW dari potensi pasokan tenaga air Indonesia yang berjumlah sekitar 75,67 GW yang benar-benar digunakan. Pembangkit listrik tenaga pikohidro (PLTPH) merupakan pilihan yang baik untuk memanfaatkan potensi tersebut, terutama untuk menghasilkan energi dalam skala kecil, sekitar 5 kW. PLTPH memanfaatkan aliran air sungai sebagai sumber energi untuk menggerakkan turbin dan generator. Pendekatan ini biasanya digunakan di lokasi yang jauh dimana jaringan distribusi listrik PLN belum ada. Dengan memanfaatkan aliran air sungai, energi potensial air diubah menjadi daya listrik skala kecil melalui proses perubahan mekanik pada turbin dan generator. Dengan mengoptimalkan pemanfaatan sumber energi air untuk pembangkit listrik, kita dapat bergerak menuju sumber energi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. (Givy Devira Ramady & Hetty Fadriani H, 2023).

LANDASAN TEORI

Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro

Picohidro dapat didefinisikan sebagai pembangkit listrik tenaga air dengan kapasitas keluaran mulai dari beberapa ratus Watt hingga lima kilowatt. Karena memanfaatkan sumber daya alam terbarukan, sistem pembangkit listrik pikohidro disebut sebagai sumber energi bersih. Sistem ini memanfaatkan sungai atau danau yang dibendung dengan ketinggian tertentu, dan jumlah debit air yang tepat menggerakkan turbin yang terhubung ke generator listrik. Energi potensial air digunakan sebagai sumber energi awal dan diubah menjadi energi kinetik oleh turbin air menggunakan aliran air dari sungai atau danau. Energi mekanik dari turbin kemudian diubah menjadi energi listrik melalui generator. Tiga bagian dasar yang membentuk sistem pembangkit listrik pikohidro: energi air sebagai sumber energi awal, turbin air untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetik, dan generator untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dengan teknik ini, pembangkit listrik pikohidro dapat dibuat di ruang publik, seperti sungai atau saluran irigasi untuk persawahan. Setelah proses pembangkitan listrik selesai, air dapat mengalir seperti semula tanpa menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Selain itu, keuntungan lainnya adalah semakin tinggi jatuhnya air, semakin besar potensi energi air yang dapat diubah menjadi energi listrik, menjadikannya sebagai alternatif yang ramah lingkungan untuk memenuhi kebutuhan listrik masyarakat. (Huda Setya Prayoga & Setyawan Wahyu Pratomo, 2019).

Generator

Alat yang mengubah energi mekanik (gerak) menjadi energi listrik (listrik) dikenal sebagai generator. Energi yang digunakan untuk menyalakan generator itu sendiri berbeda tergantung sumbernya. Kincir angin yang berputar karena angin menggerakkan generator di pembangkit listrik tenaga angin. Begitu pula fasilitas pembangkit listrik tenaga air yang memanfaatkan energi berbasis gerak air. Pembakaran bahan bakar menghasilkan pembangkit tenaga gerak untuk generator. Generator beroperasi menurut hukum Faraday yang menyatakan bahwa jika suatu penghantar dililitkan dalam medan magnet sehingga memotong garis-garis gaya magnet, maka akan timbul ggl (garis gaya listrik) dengan satuan volt di ujung penghantar tersebut. konduktor. (S Pranata, 2021). Generator terbagi menjadi dua jenis, yaitu sebagai berikut :

Generator AC

Teknik induksi elektromagnetik digunakan oleh generator AC untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Penggerak utama atau prime mover adalah tempat energi mekanik ini berasal. Aturan Faraday-Lenz, yang menyatakan bahwa jika arus listrik melewati stator, maka akan dihasilkan momen elektromagnetik yang berlawanan arah dengan putaran rotor, sehingga menimbulkan tegangan listrik (EMF) pada kumparan rotor, adalah dasar dari operasi generator. Kumparan jangkar kemudian akan mengalami arus akibat tegangan EMF ini. Misalnya, solar ini akan menggerakkan rotor generator pada generator yang menggunakan solar sebagai penggerak utamanya. Tegangan kemudian dihasilkan melintasi stator sebagai akibat rotor diberi energi untuk menghasilkan medan magnet yang memotong konduktor pada stator. Kutub utara dan selatan generator AC adalah dua kutub yang terpisah, sehingga saat rotor berputar, tegangan positif tertinggi akan dihasilkan pada sudut 90° , dan tegangan negatif maksimum akan dihasilkan pada sudut 270° . Proses ini berlangsung secara terus-menerus atau kontinu. Bentuk tegangan seperti ini lebih dikenal sebagai gelombang sinusoidal. Demikianlah prinsip kerja generator AC, di mana energi mekanis dari prime mover diubah menjadi energi listrik melalui proses induksi elektromagnetik yang terjadi dalam generator. tegangan bolak-balik (Hilmansyah, 2018).

Generator DC

Generator DC sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang mentransfer energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC atau arus mengalir dalam searah (Ali Muhammad Hanafiyah, 2023). Generator DC dikategorikan menjadi beberapa jenis berdasarkan dari rangkaian belitan magnet atau penguat eksitasinya terhadap jangkar (anker), Adaoun jenis generator DC yaitu:

1. Generator penguat terpisah

2. Generator shunt
3. Generator kompo

Motor DC

Motor DC sebuah motor listrik yang memerlukan pasokan tegangan arus searah (DC) pada kumparan medan untuk menghasilkan energi gerak mekanik. Pada motor DC, kumparan medan yang tidak berputar disebut stator, sedangkan kumparan jangkar yang berputar disebut rotor. Motor ini menggunakan arus searah, sesuai namanya, yang berarti arus mengalir dalam satu arah atau arah yang tetap. (Binus University, 2017).

Perangkat elektromagnetik yang disebut motor DC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik yang dihasilkan dapat digunakan untuk beberapa hal, antara lain mengoperasikan kompresor, mengangkat benda, kipas atau blower berputar, dan menggerakkan impeler pompa. Selain digunakan di berbagai industri, motor listrik sering digunakan di rumah untuk peralatan seperti mixer, bor listrik, dan kipas angin. Karena motor diperkirakan mencapai sekitar 70% dari seluruh beban listrik di industri, mereka sering disebut sebagai "kuda kerja" di sektor ekonomi tersebut. itu. Tujuan dari motor arus searah adalah untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak, seringkali dalam bentuk putaran rotor. Di masa lampau, motor arus searah menghasilkan tenaga mekanik dalam bentuk gerakan berputar atau kecepatan. Dengan berbagai aplikasi dan peranannya dalam mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, motor DC memegang peranan penting baik di rumah tangga maupun di dunia industri. (Nyoman I bagia, 2018).

Turbin Air

Turbin air adalah elemen dari sistem pembangkit listrik yang mengubah energi mekanik dari energi potensial air dengan menggunakan aliran air untuk memutar sudu-sudu turbin, yang selanjutnya akan digunakan untuk memutar generator pada sistem pembangkit listrik. Bagian ini terdiri dari alat-alat mekanik dengan poros dan sudut (Huda Setya Prayoga & Setyawana Wahyu Pratomo, 2019).

Tujuan dari turbin air adalah mengubah energi potensial fluida (air) menjadi energi mekanik. Energi potensial yang dihasilkan untuk mengubah kelembaban menjadi energi listrik meningkat dengan ketinggian jatuhnya air (head). Untuk mengoptimalkan jumlah energi potensial yang dihasilkan, aliran udara dapat diblokir untuk menaikkan permukaan air. Turbin udara tidak memiliki komponen mekanis yang bergerak selama translasi. Rumah stator atau rumah turbin mengacu pada

bagian stasioner dari turbin, sementara rotor atau roda turbin berputar. Roda turbin memutar poros daya, yang menggerakkan atau memutar berbagai beban seperti baling-baling, generator, dan barang lainnya, di dalam rumah turbin. Dengan mekanisme tersebut, turbin air berperan penting dalam menghasilkan energi listrik dari potensi energi air yang ada, dan turbin ini banyak digunakan dalam pembangkit listrik tenaga air untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat dan industri. (I Putu Juliana, Antonius Ibi Weking & Lie Jasa, 2018). Dalam prinsip kerjanya turbin air terbagi menjadi 2, yaitu:

1. Turbin Impuls

Prinsip operasi turbin impuls adalah mengubah energi air berupa potensial, tekanan, dan kecepatan menjadi gerak rotasi dengan tujuan memutar turbin. Turbin Turgo dan turbin Pelton adalah dua contoh dari jenis turbin ini.

2. Turbin Reaksi

Turbin reaksi adalah turbin yang menghasilkan putaran atau torsi dengan menerapkan tekanan pada fluida atau dengan menerapkan massa fluida. Pisau diperlukan dalam turbin reaksi semacam ini untuk mengontrol fluida yang masuk. Turbin angin, turbin Francis, dan turbin Kaplan, atau baling-baling, adalah contoh dari turbin ini (Ajis Dwi Pangestu & Nurwijayanti KN, 2021).

Turbin Pelton

Sebelum memasuki turbin pelton, turbin Pelton, sejenis turbin impuls, mengubah semua energi udara menjadi energi kecepatan. Jet air yang ditembakkan dari satu atau lebih nosel memutar serangkaian sudu jalur untuk membuat turbin Pelton. Di dalam nosel, selama proses konversi energi, udara dengan potensi energi tinggi diubah menjadi energi kinetik.

Pancaran air yang keluar dari nozzle akan mengenai sudut jalan yang dipasang di sekitar runner (roda turbin), dan garis tengahnya akan bersentuhan dengan lingkaran tengah sudut jalan. Pengaruh air, yang ditentukan oleh jumlah, ukuran, dan kecepatan semburan air, mempengaruhi kecepatan keliling tikungan jalan. Efisiensi sistem turbin lengkap serta ketinggian air di atas nosel keduanya berdampak pada kecepatan jet itu sendiri.

Mekanisme ini memungkinkan turbin Pelton mengubah energi potensial air yang tinggi menjadi energi kinetik yang memutar turbin, menghasilkan tenaga mekanis yang kemudian dapat digunakan untuk berbagai tugas, seperti menyalakan generator listrik untuk menghasilkan tenaga listrik tenaga air. Turbin Pelton secara efisien mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik dan biasanya digunakan di daerah dengan head (tinggi air) tinggi (Irvan Kurniady, Amirsyam & Amrinsyah, 2019). Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Kelebihan dari menggunakan turbin pelton,

antara lain ;

- 1) Daya yang dihasilkan besar
- 2) Perawatannya mudah
- 3) Konstruksi sederhana
- 4) Dapat diterapkan didaerah terpencil

Metode Light Trap

Salah satu teknik untuk melihat serangan awal hama di lapangan adalah dengan menggunakan perangkap cahaya yang sering disebut sebagai perangkap cahaya. Perangkap lampu adalah alat untuk memikat atau menangkap serangga. Tujuannya untuk menghitung atau menghitung jumlah populasi serangga yang ada pada lahan pertanian. Perangkap cahaya ini bekerja dengan memikat serangga, terutama pada malam hari, yang tertarik pada cahaya. Dengan menggunakan metode ini, petani dapat memantau dan memahami populasi serangga di sekitar lahan pertanian, sehingga memungkinkan untuk mengambil tindakan pencegahan atau pengendalian hama secara lebih efektif. Berdasarkan latar belakang di atas dapat dilakukan penelitian tentang Identifikasi Hama Tanaman Padi (*Oriza Sativa L.*) Dengan Perangkap Cahaya (Light Trap) yang sumber listriknya berasal dari pembangkit listrik tenaga pikohidro berbasis motor dc di Desa Woromarto Kecamatan Purwoasri Kabupaten Kediri.

Hama yang dapat ditangkap oleh lampu perangkap antara lain: kutu daun (*Leptocorixa acuta*), wereng hijau (*Nephotettix virescens*), wereng coklat (*Nilaparvata lugens*), penggulung daun sejati (*Chanaphalocrosis sp.*), penggulung daun semu (*Chanaphalocrosis medinalis*), penggerek batang putih (*Scirpophaga innotata*), dan belalang. Sebagian besar waktu, hama ini aktif di malam hari., sehingga termasuk dalam kategori serangga nocturnal. Dengan menggunakan perangkap cahaya, para petani dan peneliti dapat memantau populasi dan aktivitas hama-hama tersebut di sekitar lahan pertanian. Informasi ini sangat berharga untuk pengendalian hama yang tepat dan efektif, serta membantu mencegah potensi kerusakan pada tanaman pertanian. (Cheppy Wati, 2017).

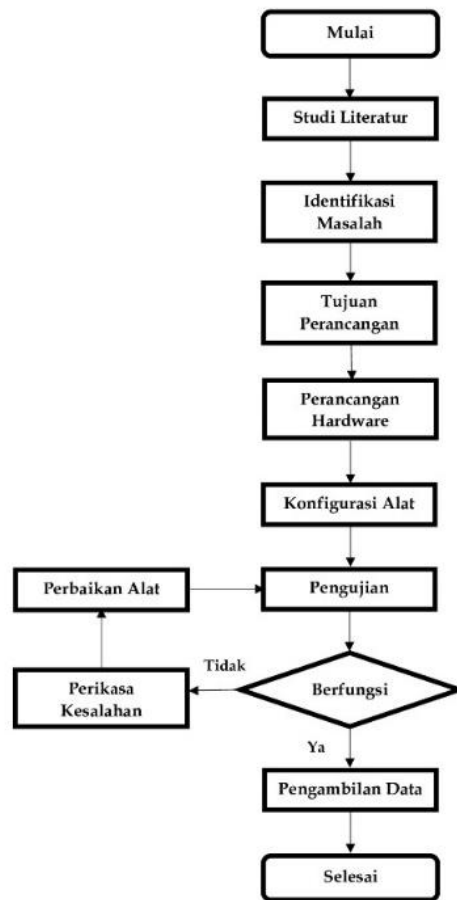
METODE

Metode yang akan digunakan dalam penulisan Tugas Akhir ini yakni berupa, flowchart alur penelitian, blok diagram alat, desain alat, rencana anggaran belanja Teknik pengambilan data.. Prosedur dalam pembuatan program untuk melakukan rancang bangun pembangkit listrik tenaga pikohidro berbasis motor dc pada penerapan metode light trap.

Rancangan Penelitian

Terdapat langkah-langkah untuk Penyelesaian

Tugas Akhir tentang Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Berbasis Motor DC Pada Penerapan Metode Light Trap seperti flowchart penelitian berikut:



Gambar 1. Flowchart Penelitian

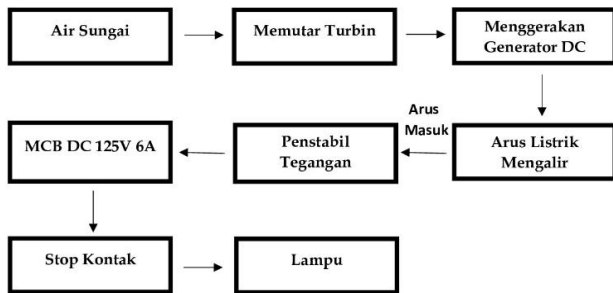
Dalam flowchart penelitian diatas dijelaskan alur dari penelitian ini, yang mana setelah kita memulai penelitian dan menentukan judul penelitian. Langkah selanjutnya adalah menemukan makalah literatur yang sesuai dengan topik penelitian kami sehingga kami selanjutnya dapat menggunakan judul tersebut untuk menunjukkan masalah tersebut. Jika sudah merumuskan masalah penelitian, maka kita dapat menentukan tujuan dari penelitian kita, sehingga Langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah perancangan hardware kemudian kita mengonfigurasi alat yang telah kita buat.

Pengujian adalah fase penting dalam penelitian karena memungkinkan kita untuk menentukan apakah teknologi yang kita buat berfungsi atau tidak. Jika alat kita tidak berfungsi, maka kita harus melakukan pemeriksaan, kemudian melakukan perbaikan alat. Jika perbaikan alat telah selesai maka kita dapat melakukan pengujian ulang, jika dalam pengujian kedua ini masih tidak berfungsi maka kita harus ulangi Langkah sebelumnya. Namun, jika alat berfungsi maka kita dapat melakukan pengambilan data

Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Piko hidro Berbasis Motor Dc Pada Penerapan Metode Light Trap

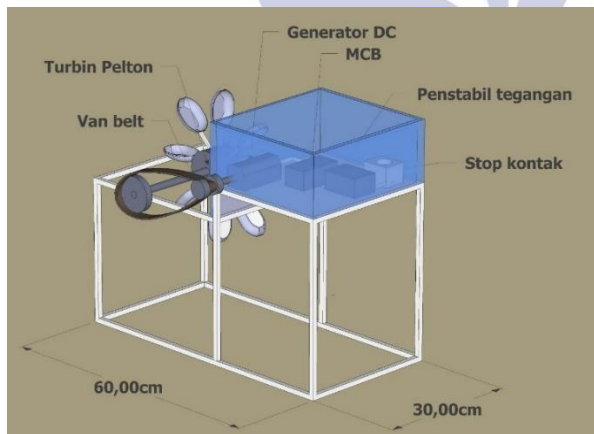
sehingga kita dapat menyelesaikan penelitian.

DIAGRAM BLOK



Gambar 2. Blok Diagram Alat

Penjelasan blok diagram diatas yakni, air sungai akan memutar turbin. Dari putaran turbin kemudian dapat menggerakan generator dan menghasilkan arus dan tegangan. Kemudian aliran listrik masuk ke penstabil tegangan sebelum nanti masuk ke MCB DC sebagai pengaman, apabila terjadi beban lebih yang dapat menyebabkan korsleting. Setelah melalui penstabil tegangan dan mcb dc aliran listrik masuk ke stop kontak untuk menyalurkan tegangan agar dapat menyalakan beban lampu.



Gambar 3. Desain Alat PLTPH

Dari desain gambar 3. Tersebut kemudian dilakukannya proses pembuatan alat dari besi untuk kerangka alat, kemudian bahan dasar turbin menggunakan fiber dengan lebar sudu 6cm, tebal sudu 3mm, dan 25cm untuk diameter turbin. Kemudian untuk komponen generator, kapasitor, stop kontak, dan mcb berada pada kota pelindung yang terbuat dari akrilik dengan tebal 2mm. Alat ini memiliki panjang 60cm dengan lebar 30cm.

Perhitungan dan Analisa Data

Penulis mencoba melakukan pengukuran dengan

mengetahui rpm, daya dan tegangan yang dihasilkan oleh pembangkit piko hidro ini. Setelah melakukan hal tersebut kemudian menganalisis pembangkit listrik piko hidro menggantikan peranan genset untuk menghasilkan listrik skala kecil. Dengan rumus untuk menentukan daya serta tegangan yang dihasilkan :

1. Rumus menentukan daya listrik ;

$$P = V \times I \quad (1)$$

$$P = R \times I^2 \quad (2)$$

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (3)$$

Keterangan :

P= Daya (Watt)

V= Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Hambatan (ohm)

2. Adapun rumus menentukan tegangan yang dihasilkan

$$V = I \times R \quad (4)$$

$$V = \frac{P}{I} \quad (5)$$

Keterangan :

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

R = Hambatan (Ohm) serta

P = Daya (watt)

3. Adapun rumus menentukan debit air (Q) :

$$Q = \frac{V}{T} \quad (6)$$

Keterangan :

Q = Debit air

V = Volume (l)

T = Waktu (s)

Data untuk pengujian berupa :

- a. Putaran Rata-rata Turbin (nT)
- b. Debit air (Q)
- c. Tinggi Jatuh (h)
- d. Gaya gravitasi (g)
- e. Massa Jenis Air (p)

4. Dari data diatas data menghasilkan :

- a. Daya Potensial Air (Ph)

$$Ph = \rho \cdot Q \cdot g \cdot h \quad (7)$$

Keterangan :

p = Massa Jenis air

Q = Debit Air

g = Gaya gravitasi

h = Tinggi jatuh

- b. Daya Turbin (PT)

$$PT = \frac{2\pi \cdot nt}{60} \quad (8)$$

Keterangan:
nt = Putaran rata-rata turbin

c. Efisiensi Turbin (ηT)

$$\eta T = \frac{PT}{PH} 100\% \quad (9)$$

Keterangan:
PT = Daya Turbin
PH = Daya Potensial Air

Penulis melakukan perhitungan dan pengukuran dengan mengetahui tegangan, arus, daya, dan rpm yang dihasilkan oleh putaran generator. Selain itu dilakukan perhitungan dan pengukuran debit air yang mengalir serta rpm turbin. Sehingga nanti akan data berupa efisiensi dari turbin yang digunakan. Kemudian melakukan Analisa dari data yang dihasilkan diatas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan perhitungan menentukan tegangan, arus, daya, dan rpm yang dihasilkan oleh generator adalah untuk dapat menentukan beban yang dapat diterapkan pembangkit listrik tenaga pikohidro ini. Dan dapat diketahui Hasil dari pengukuran dan data yang didapatkan sebagai berikut :

A. Pengukuran Debit Air

Metode pengukuran debit air ini melibatkan pengisian wadah dengan air mengalir yang berkapasitas 33,2 liter. Prosedur ini dikenal sebagai metode pengisian wadah. Stopwatch digunakan untuk menghitung waktu yang diperlukan untuk mengisi ember kosong dengan air sebelum penuh. Hasil pengukuran debit air yang keluar menggunakan metode pengisian kontainer seperti yang tertera pada tabel di bawah ini adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Pengukuran Debit Air Hari Pertama

| No | Media | Pukul (Jam) | Durasi (detik) | Debit (liter) |
|-------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| 1 | Wadah Pengisian | 19.00 | 10.68 | 3.1 |
| 2 | Wadah Pengisian | 20.30 | 11.22 | 2.95 |
| 3 | Wadah Pengisian | 6.15 | 11.02 | 3.01 |
| Rata – Rata | | | 10.97 | 3.02 |

Debit yang dihasilkan pada hari pertama :

Hasil pengukuran debit air pada pukul 19.00, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.68s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{10.68}$$

$$= 3.1 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 20.30, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 11.22s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{11.22}$$

$$= 2.95 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 6.15, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.11.02s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{11.02}$$

$$= 3.01 \text{ L/s}$$

Tabel 2. Pengukuran Debit Air Hari Kedua

| No | Media | Pukul (Jam) | Durasi (detik) | Debit (liter) |
|-------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| 1 | Wadah Pengisian | 19.00 | 9.77 | 3.39 |
| 2 | Wadah Pengisian | 20.30 | 10.20 | 3.23 |
| 3 | Wadah Pengisian | 6.15 | 10.83 | 3.04 |
| Rata – Rata | | | 10.26 | 3.22 |

Debit yang dihasilkan pada hari kedua :

Hasil pengukuran debit air pada pukul 19.00, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 9.77s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{9.77}$$

$$= 3.39 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 20.30, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.20s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{10.20}$$

$$= 3.23 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 6.15, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.83s, maka :

$$Q = \frac{V}{T}$$

$$= \frac{33.2}{10.83}$$

$$= 3.04 \text{ L/s}$$

Tabel 3. Pengukuran Debit Air Hari Ketiga

| No | Media | Pukul (Jam) | Durasi (detik) | Debit (liter) |
|-------------|-----------------|-------------|----------------|---------------|
| 1 | Wadah Pengisian | 19.00 | 10.05 | 3.38 |
| 2 | Wadah Pengisian | 20.30 | 9.23 | 3.57 |
| 3 | Wadah Pengisian | 6.15 | 10.58 | 3.21 |
| Rata – Rata | | | 9.95 | 3.32 |

Debit yang dihasilkan pada hari ketiga :

Hasil pengukuran debit air pada pukul 19.00, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.05s, maka :

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{33.2}{10.05} = 3.28 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 20.30, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 9.23s, maka :

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{33.2}{9.23} = 3.57 \text{ L/s}$$

Hasil pengukuran debit air pada pukul 6.15, diketahui volume wadah 33.2L dengan durasi lama pengisian air selama 10.58s, maka :

$$Q = \frac{V}{T} = \frac{33.2}{10.58} = 3.11 \text{ L/s}$$

B. Pengukuran Generator DC

Kemampuan generator untuk menghasilkan energi listrik pada kondisi kondisi kecepatan yang sesuai dengan kecepatan turbin dapat ditentukan dengan pengukuran pada penelitian ini. Tachometer digital digunakan untuk menguji kecepatan katrol generator, dan multimeter digunakan untuk mengukur arus dan tegangan yang dihasilkan oleh generator dengan memasang konduktor ke generator menggunakan probe multimeter. Hasil dari pengujian pada tabel dibawah :

Tabel 4. Pengukuran Generator Tanpa Beban Hari Pertama

| Pukul (Jam) | Tegangan (V) | Rpm |
|-------------|--------------|-------|
| 19.00 | 43 | 241 |
| 20.30 | 38 | 238 |
| 6.15 | 40 | 240 |
| Rata-rata | 40.3 | 239.6 |

Tabel 5. Pengukuran Generator Berbeban Hari Pertama

| Pukul (Jam) | Tegangan(V) | Arus(A) | Watt (W) | Rpm |
|-------------|-------------|---------|----------|-------|
| 19.00 | 12.56 | 2.38 | 29.89 | 241 |
| 20.30 | 11.9 | 2.52 | 29.98 | 238 |
| 6.15 | 12.05 | 2.48 | 29.88 | 240 |
| Rata-rata | 12.17 | 2.46 | 29.91 | 239.6 |

Daya yang dihasilkan dihari pertama ;

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 19.00, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.6V dan dengan arus 2.38A, maka :

$$P = V \times I = 12.56V \times 2.38A = 29.89 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 20.30, diketahui tegangan yang dihasilkan 11.9V dan dengan arus 2.52, maka :

$$P = V \times I = 11.9V \times 2.52A = 29.98 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 6.15, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.05V dan dengan arus 2.48A, maka :

$$P = V \times I = 12.05V \times 2.48A = 29.88 \text{ watt}$$

Tabel 6. Pengukuran Generator Tanpa Beban Hari Kedua

| Pukul (Jam) | Tegangan (V) | Rpm |
|-------------|--------------|-----|
| 19.00 | 47 | 277 |
| 20.30 | 42 | 242 |
| 6.15 | 41 | 240 |
| Rata-rata | 43.3 | 253 |

Tabel 7. Pengukuran Generator Berbeban Hari Kedua

| Pukul (Jam) | Tegangan(V) | Arus(A) | Watt (W) | Rpm |
|-------------|-------------|---------|----------|-----|
| 19.00 | 12.68 | 2.36 | 29.92 | 277 |
| 20.30 | 12.20 | 2.41 | 29.4 | 242 |
| 6.15 | 12.05 | 2.48 | 29.88 | 240 |
| Rata-rata | 12.31 | 2.41 | 29.73 | 253 |

Daya yang dihasilkan dihari kedua ;

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 19.00, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.68V dan dengan arus 2.38A, maka :

$$P = V \times I = 12.68V \times 2.36A = 29.92 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 20.30, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.20V dan dengan arus 2.41A, maka :

$$P = V \times I$$

$$= 12.20V \times 2.41A$$

$$= 29.4 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 6.15, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.05V dan dengan arus 2.48A, maka :

$$P = V \times I$$

$$= 12.05V \times 2.48A$$

$$= 29.88 \text{ watt}$$

Tabel 8. Pengukuran Generator Tanpa Beban Hari Ketiga

| Pukul (Jam) | Tegangan (V) | Rpm |
|-------------|--------------|-----|
| 19.00 | 45 | 259 |
| 20.30 | 49 | 289 |
| 6.15 | 42 | 241 |
| Rata-rata | 45.3 | 263 |

Tabel 9. Pengukuran Generator Berbeban Hari Ketiga

| Pukul (Jam) | Tegangan(V) | Arus(A) | Watt (W) | Rpm |
|-------------|-------------|---------|----------|-----|
| 19.00 | 12.41 | 2.41 | 29.90 | 259 |
| 20.30 | 12.7 | 2.36 | 29.97 | 289 |
| 6.15 | 12.05 | 2.48 | 29.88 | 241 |
| Rata-rata | 12.38 | 2.41 | 29.91 | 263 |

Daya yang dihasilkan dihari ketiga ;
Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 19.00, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.41V dan dengan arus 2.41A, maka :

$$P = V \times I$$

$$= 12.41V \times 2.41A$$

$$= 29.90 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 20.30, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.7V dan dengan arus 2.36A, maka :

$$P = V \times I$$

$$= 12.7V \times 2.36A$$

$$= 29.97 \text{ watt}$$

Hasil pengukuran daya yang dihasilkan generator pada pukul 6.15, diketahui tegangan yang dihasilkan 12.05V dan dengan arus 2.48A, maka :

$$P = V \times I$$

$$= 12.05V \times 2.48A$$

$$= 29.88 \text{ watt}$$

C. Pengukuran Kecepatan Putaran Turbin

Data ini digunakan sebagai acuan kecepatan generator yang akan digunakan untuk PLTPH setelah dilakukan pengukuran kecepatan putar turbin air. Dengan menempatkan titik putih pada puli turbin, menekan tombol uji pada alat pengukur, dan kemudian mencatat data pengukuran seperti yang diberikan pada tabel di bawah ini, pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur tachometer digital.

Tabel 10. Pengukuran Kecepatan Turbin Hari Pertama

| Pukul(Jam) | Rpm | Debit Air |
|------------|-----|-----------|
| 19.00 | 259 | 3.1 |
| 20.30 | 241 | 2.95 |
| 6.15 | 247 | 3.01 |
| Rata-rata | 249 | 3.02 |

Tabel 11. Pengukuran Kecepatan Turbin Hari Kedua

| Pukul(Jam) | Rpm | Debit Air |
|------------|-------|-----------|
| 19.00 | 283 | 3.39 |
| 20.30 | 251 | 3.23 |
| 6.15 | 247 | 3.04 |
| Rata-rata | 260.3 | 3.22 |

Tabel 12. Pengukuran Kecepatan Turbin Hari Ketiga

| Pukul(Jam) | Rpm | Debit Air |
|------------|-------|-----------|
| 19.00 | 265 | 3.28 |
| 20.30 | 297 | 3.57 |
| 6.15 | 244 | 3.11 |
| Rata-rata | 268.6 | 3.32 |

D. Pengukuran Lux Lampu

Pengukuran lux lampu ini bertujuan mengetahui berapa lux lampu yang dihasilkan menggunakan lampu 15watt 12vdc. Lux lampu ini sangat berperan penting pada penerapan metode light trap. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat ukur *lux meter*. Berikut merupakan hasil pengujian jumlah lux yang dihasilkan oleh lampu, seperti pada tabel dibawah ;

Tabel 13. Pengukuran Lux Lampu Hari Pertama

| Pukul(Jam) | Lampu 1 (Lux) | Lampu 2(Lux) |
|------------|---------------|--------------|
| 19.00 | 3487 | 3535 |
| 20.30 | 3388 | 3511 |
| 6.15 | 3476 | 3524 |
| Rata-rata | 3.450,3 | 3523.3 |

Tabel 14. Pengukuran Lux Lampu Hari Kedua

| Pukul(Jam) | Lampu 1 (Lux) | Lampu 2(Lux) |
|------------|---------------|--------------|
| 19.00 | 3676 | 3623 |
| 20.30 | 3574 | 3556 |
| 6.15 | 3501 | 3494 |
| Rata-rata | 3.583,6 | 3557,6 |

Tabel 15. Pengukuran Lux Lampu Hari Ketiga

| Pukul(Jam) | Lampu 1 (Lux) | Lampu 2(Lux) |
|------------|---------------|--------------|
| 19.00 | 3654 | 3621 |
| 20.30 | 3704 | 3689 |
| 6.15 | 3585 | 3555 |
| Rata-rata | 3.627,6 | 3621,6 |

E. Hasil Metode Light Trap

Setelah semalaman menyala, pada pagi hari bisa kita lihat berapa tangkapan yang dihasilkan oleh metode light trap ini pada masing-masing lampu dan masing-masing wadah penampungan. Berikut data hasil tangkapan seperti pada tabel dibawah :

Tabel 16. Hasil Tangkapan Metode Light Trap Hari Pertama

| Pukul (Jam) | 6.26 | Jumlah |
|----------------------|--|--------|
| Bak 1 (Lampu 1) | 8 Jangkrik, 7 Capung, 27 Belalang, 113 Ulat | 155 |
| Bak 2 (Lampu 2) | 4 Jangkrik, 8 Capung, 23 Belalang, 143 Ulat | 178 |

Tabel 17. Hasil Tangkapan Metode Light Trap Hari Kedua

| Pukul (Jam) | 6.26 | Jumlah |
|----------------------|--|--------|
| Bak 1 (Lampu 1) | 5 Jangkrik, 7 Capung, 8 Wereng coklat , 19 Belalang , 5 Kaper, 103 Ulat | 147 |
| Bak 2 (Lampu 2) | 2 Jangkrik, 8 Walang sangit , 23 Belalang, 98 Ulat | 131 |

Tabel 18. Hasil Tangkapan Metode Light Trap Hari Ketiga

| Pukul (Jam) | 6.26 | Jumlah |
|----------------------|---|--------|
| Bak 1 (Lampu 1) | 11 Wereng coklat , 7 Walang sangit , 30 Belalang, 78 Ulat | 126 |
| Bak 2 (Lampu 2) | 4 Jangkrik, 3 Capung, 8 Kaper, 33 Belalang 68 Ulat | 116 |

F. Menentukan Efisiensi Yang Dihasilkan Turbin

Efisiensi turbin hari pertama sebagai berikut :

1. Daya Potensial Air (Ph)

Hasil dari perhitungan daya potensial air hari pertama dengan debit air 0,00302m³/s dan tinggi jatuh air 1m, maka :

$$Ph = \rho . Q . g . h$$

$$Ph = 1000 . 0,00302 . 9,8 . 1$$

$$= 29.59 \text{ Watt}$$

2. Daya Turbin (PT)

Hasil dari perhitungan daya turbin hari pertama sebagai dengan rata-rata putaran turbin 249 rpm, maka :

$$PT = \frac{2\pi \cdot nt}{60}$$

$$nt = 249 \text{ rpm}$$

$$PT = \frac{2,3,14,249}{60}$$

$$= 26.06 \text{ Watt}$$

3. Efisiensi Turbin (ηT)

Hasil perhitungan efisiensi turbin hari pertama dengan daya potensial air sebesar 29.59 watt dan daya turbin sebesar 26.06 watt, maka :

$$\eta T = \frac{PT}{PH} 100\%$$

$$\eta T = \frac{26,06}{29,59} 100\%$$

$$= 88.07\%$$

Efisiensi turbin hari kedua sebagai berikut :

1. Daya Potensial Air (Ph)

Hasil dari perhitungan daya potensial air hari pertama dengan debit air 0,00322m³/s dan tinggi jatuh air 1m, maka :

$$Ph = \rho . Q . g . h$$

$$Ph = 1000 . 0,00322 . 9,8 . 1$$

$$= 31.55 \text{ Watt}$$

2. Daya Turbin (PT)

Hasil dari perhitungan daya turbin hari kedua dengan rata-rata putaran turbin 260.3 rpm, maka :

$$PT = \frac{2\pi \cdot nt}{60}$$

$$nt = 260.3 \text{ rpm}$$

$$PT = \frac{2,3,14,260,3}{60}$$

$$= 27.24 \text{ Watt}$$

3. Efisiensi Turbin (ηT)

Hasil perhitungan efisiensi turbin hari kedua dengan daya potensial air 31.55watt dan daya turbin sebesar 27.24watt, maka :

$$\eta T = \frac{PT}{PH} 100\%$$

$$\eta T = \frac{27,24}{31,55} 100\%$$

$$= 86.43\%$$

Efisiensi turbin hari ketiga sebagai berikut :

1. Daya Potensial Air (Ph)

Hasil perhitungan dari daya potensial air hari ketiga dengan debit air 0,00332m³/s dan tinggi jatuh air 1m maka :

$$Ph = \rho . Q . g . h$$

$$Ph = 1000 . 0,00332 . 9,8 . 1$$

$$= 32.53 \text{ Watt}$$

2. Daya Turbin (PT)

Hasil dari perhitungan daya turbin hari ketiga dengan rata-rata putaran turbin 268.6 rpm, maka :

$$PT = \frac{2\pi \cdot nt}{60}$$

$$nt = 268.6 \text{ rpm}$$

$$PT = \frac{2,3,14,268,6}{60}$$

$$= 28.11 \text{ Watt}$$

3. Efisiensi Turbin (ηT)

Hasil perhitungan efisiensi turbin hari ketiga dengan daya potensial air 32.52watt dan daya turbin sebesar 28.11 watt, maka :

$$\eta T = \frac{PT}{PH} 100\%$$

$$\eta T = \frac{28,11}{32,53} 100\%$$

$$= 86.41\%$$

Berdasarkan hasil pengukuran keseleruhan variable diatas, maka dapat dikatakan sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro berbasis motor dc pada penerapan metode light trap dapat diaplikasikan dengan baik. Adapun variable yang dimaksud adalah :

1. Debit air yang digunakan memutar turbin
2. Hasil putaran turbin
3. Putaran generator
4. Arus yang dihasilkan generator
5. Tegangan yang dihasilkan generator
6. Lux yang dihasilkan lampu
7. dan juga jumlah serangga yang dihasilkan oleh metode light trap itu sendiri.

Selain itu juga didapatkan efisiensi turbin rata-rata selama tiga hari sebesar 86.97% pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro berbasis motor dc pada penerapan metode light trap menggunakan jenis turbin pelton 12 sudu dengan diameter turbin 25cm berbahan dasar fiber. Dari perumusan perancangan daya potensial air, diperlukan debit air minimal 0,00318m³ dengan ketinggian jatuh air 1 meter. Maka perhitungan diatas didapatkan daya potensial air sebesar 31.16Watt, sehingga dapat digunakan untuk menyalakan beban lampu dengan daya total 30watt.

KESIMPULAN

Untuk menentukan efisiensi yang dihasilkan turbin diperlukan data berupa daya potensial air dan daya turbin. Dalam penelitian diatas daya potensial air yang didapatkan sebesar 29.59w pada hari pertama, 31.55w pada hari kedua, 32.53w pada hari ketiga yang dipengaruhi dari jumlah massa air, debit air, gravitasi dan juga ketinggian jatuh air. Kemudian daya turbin didapatkan sebesar 26.06w pada hari pertama, 27.24w pada hari kedua, 28.11 pada hari ketiga yang berasal dari konstanta dikalikan rpm rata-rata yang dihasilkan turbin yakni 249 rpm pada hari pertama, 260.3 rpm pada hari kedua, 268.6 rpm pada hari ketiga. Sehingga didapatkan efisiensi turbin sebesar 88.07% pada hari pertama, 86.43% pada hari kedua, 86.41% pada hari ketiga.

Pada penelitian ini tegangan rata-rata yang dihasilkan setelah 11 jam pengujian selama 3 hari adalah 42.9v ketika tanpa beban dan 12.28v ketika diberi beban 2 buah lampu masing-masing 15watt 12vdc. Dari sistem PLTPH juga dihasilkan arus ketika berbeban rata-rata 2.42A. Selain itu rpm yang dihasilkan turbin pada debit air rata-rata 3.18L adalah 261,1 rpm dan rpm yang dihasilkan oleh generator adalah 251,86 rpm.

Dengan lux lampu rata-rata yang dihasilkan selama 3 hari 3.553,8 lux pada lampu 1 dan 3.567,5 lux pada

lampu 2, maka area seluas 10,5m x 16m dapat diterangi atau dijangkau sumber cahaya.

SARAN

Disarankan agar peneliti berikutnya membuat proses pembuatan alat yang lebih baik untuk penelitian selanjutnya. Untuk dapat memutar turbin dan generator, peneliti juga disarankan menggunakan debit air lebih dari 3,18 L/s atau 0,00318m³ untuk mendapat output yang lebih besar dan untuk beban daya yang lebih besar. Penambahan baterai sebagai tempat penyimpanan disarankan pada penelitian selanjutnya. Hal ini penting jika debit air sungai di lokasi tersebut tidak menentu atau air sungai mengalir pada waktu yang tidak dapat diprediksi. Sungai yang menjadi kendala alami pelaksanaan PLTPH ini menyebabkan variasi debit. Sehingga, perlu riset lebih dalam untuk menentukan debit air yang mengalir pada sungai tersebut setiap harinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajuar, M. Z. (2019). *Simulasi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Pico Hidro Menggunakan Mini Water Pump*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Anugra, M. V. (2022). *RPG-Table: Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Portabel Menggunakan Generator DC dan Turbin Crossflow*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Birdayansyah, R., Soedjarwanto, N., & Zebua, O . (2015). *Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Perintah Suara Berbasis Mikrokontroler Arduino*. Bandar Lampung: Universitas Lampung .
- Binus University. (2017). *Motor DC dan Jenis-jenisnya*, (Online).(<https://student.activity.binus.ac.id/himtek/2017/05/08/motor-dc-dan-jenis-jenisnya/>, diakses pada 13 Februari 2023).
- Handoko, B., Tharo Z., Wibowo Pristisial. (2021). *Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Dengan Memanfaatkan Aliran Irigasi Di Desa Padang Cermin Kabupaten Langkat*. Langkat: Universitas Pembangunan Panca Budi Medan.
- Hanafiyah., A.M. (2023). *Prinsip Kerja Generator DC: Memahami Cara Kerja dan Bagian Generator DC*, (Online).(<https://www.unboxing.eu.org/2013/08/generator-dc.html>, diakses pada 2023).
- Hilmansyah. (2018). *Generator AC*, (Online). (https://spmi.poltekba.ac.id/spmi/digilib/detil_ba.php?id=165&go=OK&view=22, diakses 12

Februari 2023).

Barat. Manokwari: Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian (STPP) Manokwari.

Juliana, I. P., Weking, A. I., Jasa, L. (2018). *Pengaruh Sudut Kemiringan Head Turbin Ulir dan Daya Putar Turbin Ulir dan Daya Output Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro*. Denpasar: Universitas Udayana.

Kurniady, I., Amirsyam., Amrinsyah. (2019). *Kapasitas Aliran Terhadap Daya Turbin*. Medan: Universitas Medan Area.

Mustofa, M.J. (2021). *Perancangan Penyearah Terkendali Untuk Pengaturan Kecepatan Motor DC*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Pangestu, A. D., Nurwijayanti, K. N. (2021). *Pembangkit Listrik Tenaga Air Dengan Teknik Turbulent Whirlpool*. Jakarta: Universitas Dirgantara Marsekal Suryadarma.

Prayoga, H. S., Pratomo, S. W. (2019). *Rancang Bangun Purwarupa Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro Jenis Turbin Turgo*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.

Ramady, G. D., Fadriani H. (2023). *Pengembangan Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro sebagai Media Pembelajaran berbasis Internet of Things*. Bandung: Sekolah Tinggi Teknologi Mandala.

Rinaldi, G. C. M. (2022). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hidro*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

Setiawan, D. (2017). *Sistem Kontrol Motor DC Menggunakan PWM Arduino Berbasis Android System*. Pekanbaru: Universitas Lancang Kuning.

Subandi. (2016). *Pembasmi Hama Serangga Menggunakan Cahaya Lampu Bertenaga Solar Cell*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta.

Syahputra, T. M. (2017). *Rancang Bangun Prototipe Pembangkit Listrik Tenaga Piko Hydro Menggunakan Turbin Ulir*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.

Wati, C. (2017). *Identifikasi Hama Tanaman Padi (Oriza Sativa L) Dengan Perangkap Cahaya Di Kampung Desay Distrik Prafi Provinsi Papua*