

Rancang Bangun *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Nurul Izzah¹, Andi Muhammad Syafi'i², Fery Akbar³, Muhammad Akbar⁴,
Rani Alham⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Mulawarman
nurizzah073@gmail.com

Received: June 2025; Accepted: September 2025; Published: February 2026

DOI: <https://doi.org/10.30649/je.v6i1.134>

Abstrak

Energi listrik terbarukan dari laut merupakan salah satu upaya dalam pencarian energi ditengah krisis bahan bakar Fosil. Dalam jurnal ini kami melakukan rancang bangun prototype PLTAL dengan tahap awal adalah penentuan parameter uji pada prototype sehingga dapat dilakukan pengolahan dan analisis data, selanjutnya dilakukan Perakitan rancang bangun prototype PLTAL, dan terakhir adalah pengujian Prototype. Berdasarkan hasil uji prototype PLTAL dengan parameter volume air, mendapatkan nilai daya $P = 0,707$ Watt, dengan kecepatan debit air sebesar $0,101 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ dan ukuran diameter turbin $d = 0.08 \text{ m}$ dan dengan efisiensi turbin sebesar $0,15554$ Watt. Jadi dari percobaan ini bisa diketahui bahwa volume air berpengaruh pada besar kecilnya daya yang dihasilkan prototype kami.

Kata Kunci : Energi Arus Laut, Prototipe PLTAL, Kedalam Arus Laut

Abstract

Renewable electricity from the sea is one of the efforts in the search for energy amid the Fossil fuel crisis. In this journal, we design a prototype PLTAL with the initial stage is determining the test parameters on the prototype so that it can be processed and analyzed data, then carried out Assembling PLTAL prototype design, and finally the prototype testing. Based on the results of the PLTAL prototype test with water volume parameters, the power value $P = 0.707$ Watt, with a water discharge rate of $0.101 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$ and the diameter of the turbine diameter $d = 0.08 \text{ m}$ and with a turbine efficiency of 0.15554 Watt. So from this experiment it can be seen that the volume of water affects the size of the power generated by our prototype.

Key words: The energy ocean currents, Prototype PLTAL, the depth of ocean currents

I. PENDAHULUAN

Arus laut merupakan sistem sirkulasi dari massa air laut dalam arah pergerakan vertikal dan horizontal akibat gaya gravitasi, gaya gesek angin dan variasi kerapatan masa air laut pada bagian berbeda dalam samudera. Aliran arus laut

memiliki pola yang kompleks, dapat juga terjadi karena adanya topografi dasar laut dan perputaran bumi. Massa air laut berpindah dari satu tempat ketempat lain secara kontinu [1][2].

Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) memiliki potensi besar sebagai sumber energi terbarukan yang

dapat dimanfaatkan di wilayah pesisir dan kepulauan. Salah satu aplikasi utamanya adalah “penyediaan listrik di daerah terpencil atau pulau-pulau kecil” yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik utama. Karena arus laut bersifat konstan dan dapat diprediksi, PLTAL mampu menghasilkan energi secara stabil sepanjang hari, berbeda dengan energi surya atau angin yang tergantung pada kondisi cuaca. Dengan demikian, PLTAL dapat menjadi solusi energi mandiri dan berkelanjutan untuk komunitas maritim.

Selain itu, PLTAL juga dapat digunakan sebagai sumber energi tambahan (*hybrid*) dalam sistem kelistrikan nasional. Teknologi ini bisa diintegrasikan dengan pembangkit lain seperti solar panel dan baterai penyimpan energi untuk menciptakan sistem energi terdistribusi yang lebih handal. Dalam skala besar, PLTAL berpotensi digunakan untuk menyuplai energi ke kawasan industri pesisir atau pelabuhan, mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan meningkatkan ketahanan energi nasional [3].

Di bidang riset dan pengembangan, PLTAL juga mulai diterapkan sebagai model teknologi kelautan masa depan. Beberapa negara seperti Inggris, Prancis, dan Kanada telah mengembangkan proyek PLTAL skala pilot untuk mengevaluasi efisiensi dan dampak lingkungan. Di Indonesia, dengan garis pantai yang panjang dan arus laut kuat seperti di Selat Lombok, Selat Malaka, dan perairan Nusa Tenggara, potensi pengembangan PLTAL sangat besar. Aplikasi teknologi ini tidak hanya mendukung transisi energi bersih, tetapi juga mendorong inovasi dan pertumbuhan ekonomi biru (*blue economy*).

Arus laut permukaan disebabkan oleh tiupan angin, gerakan pasang surut air laut atau gelombang, sedangkan arus laut dalam akibat perbedaan kerapatan massa air laut keterbatasan akan adanya sumber energi saat ini telah memicu para peneliti

untuk meneliti dan mengembangkan sumber energi terbarukan [4][5]. Beberapa contoh sumber energi yang terbarukan seperti, pemanfaatan energi surya, energi angin, energi laut dan lain-lain. Energi laut merupakan salah satu energi bersih terbarukan dan melimpah.

Proses pembangkitan arus ini merupakan suatu aktivitas yang bisa membangkitkan sesuatu, atau timbulnya efek (hasil) tertentu akibat adanya pembangkitan. Dalam suatu sistem tenaga listrik, yang dimaksudkan pembangkitan adalah pembangkit tenaga listrik. Proses pembangkitan tenaga listrik sebagian besar dilakukan dengan cara memutar generator sehingga didapat tenaga listrik dengan tegangan bolak-balik [6]. Pusat listrik adalah tempat dimana proses pembangkitan tenaga listrik dilakukan. Dimana proses pembangkitan tenaga listrik merupakan proses konvensi energi primer menjadi energi mekanik penggerak generator, yang selanjutnya energi mekanik ini diubah menjadi energi Listrik [7].

Di Indonesia potensi energi arus laut yang cukup besar terdapat di wilayah perairan Jawa Bali dengan kecepatan arus laut sekitar 2,5 km/jam. Energi arus laut dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL).

Aliran massa air laut dari suatu tempat ke tempat lain. Potensi sumber yang ada pada arus laut tidak semuanya bisa dikonversikan menjadi energi listrik, terdapat banyak jenis arus laut ditinjau dari letak, penyebab, dan suhu. Jika ditinjau dari letaknya, arus laut dibedakan menjadi 3, yaitu :

1. Arus permukaan laut terletak pada kedalaman < 20 m.
2. Arus sedang yang berada di laut memiliki kedalaman air laut $>20-40$ m.
3. Arus dalam merupakan arus yang terletak di kedalaman >40 m.

Pemanfaatan energi arus laut skala kecil dapat disimulasikan dengan membuat sebuah prototype dan menggunakan generator (+200-6000 rpm) dengan penggerak

baling-baling/turbin (skala 1:1) dengan diameter 1,5 mm.

Melalui pengujian prototype ini, dapat diperoleh data mengenai tegangan, arus, dan daya listrik yang dihasilkan pada berbagai kecepatan arus. Hal ini memungkinkan analisis efisiensi sistem dan performa komponen seperti sudut sudu turbin, rasio putaran, serta kemampuan generator dalam merespon kecepatan rendah maupun tinggi. Selain itu, hasil simulasi ini juga memberikan gambaran awal tentang kelayakan teknologi sebelum diterapkan dalam skala besar di laut terbuka, sekaligus menjadi dasar pengembangan desain PLTAL yang lebih efisien dan terjangkau.

II. METODE PENELITIAN

A. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL).

Merupakan teknologi yang memanfaatkan energi kinetik dari arus laut untuk menghasilkan listrik. Rancang bangun sistem ini dimulai dengan tahap studi potensi lokasi, yang mencakup pengukuran kecepatan dan arah arus laut, kedalaman laut, serta karakteristik dasar laut [5]. Data ini digunakan untuk menentukan lokasi yang optimal dan efisien bagi instalasi turbin arus laut. Selain itu, faktor lingkungan dan ekosistem laut juga dianalisis untuk memastikan bahwa pembangunan tidak merusak habitat laut.

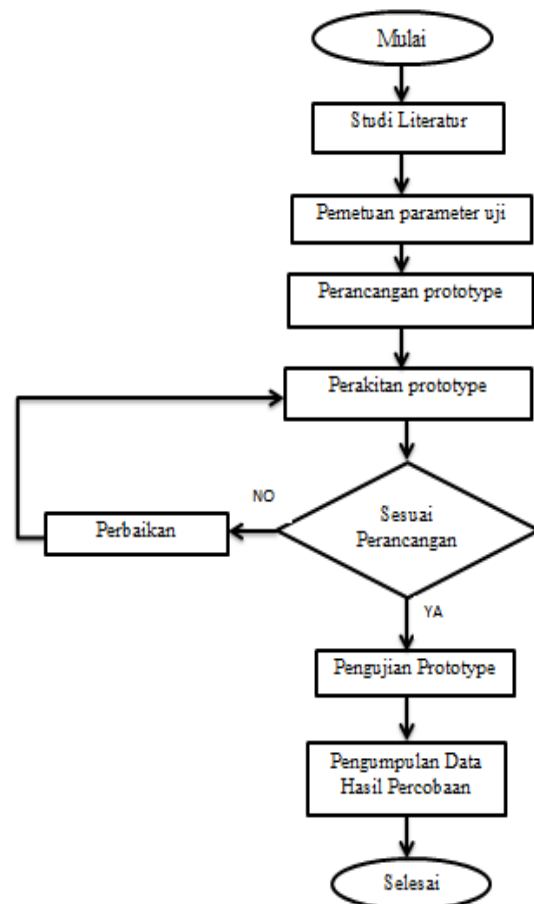
B. Perancangan teknis sistem pembangkit.

Yang mencakup pemilihan jenis turbin (horizontal axis, vertical axis, atau ducted), desain fondasi bawah laut, sistem transmisi listrik bawah laut, dan sistem kontrol. Pemilihan jenis turbin didasarkan pada kecepatan arus dan kedalaman perairan. Fondasi dapat berupa monopile, gravity base, atau sistem tambat terapung, tergantung pada kondisi dasar laut. Komponen harus dirancang untuk tahan

terhadap korosi air laut dan tekanan tinggi, serta mampu beroperasi secara efisien dalam kondisi arus yang bervariasi.

C. Flow Chart

Flow chart rancang bangun Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) umumnya dimulai dari tahap identifikasi lokasi dan studi kelayakan. Proses ini mencakup pengumpulan data kecepatan arus laut, kedalaman perairan, karakteristik dasar laut, serta faktor lingkungan. Setelah lokasi dinyatakan layak, langkah berikutnya adalah perancangan sistem, meliputi pemilihan jenis turbin arus laut (horizontal atau vertikal), desain fondasi (fixed atau floating), serta sistem transmisi listrik bawah laut. Setiap keputusan dalam tahap ini dituangkan dalam diagram alur untuk memastikan bahwa semua aspek teknis dan lingkungan terintegrasi secara menyeluruh.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

Setelah desain final disetujui, flow chart dilanjutkan ke tahap pengadaan komponen, fabrikasi, dan instalasi di lapangan, diikuti dengan pengujian sistem dan evaluasi kinerja. Tahap terakhir adalah operasi dan pemeliharaan, termasuk pemantauan performa turbin, perawatan sistem transmisi, dan mitigasi dampak lingkungan. Diagram alur ini penting untuk memastikan setiap tahapan berjalan sistematis, efisien, dan sesuai standar keselamatan laut. Dengan pendekatan ini, rancang bangun PLTAL dapat dilakukan secara terstruktur mulai dari studi awal hingga operasional berkelanjutan.

Komponen paling utama dalam sistem PLTAL adalah turbin arus laut, yang berfungsi mengubah energi kinetik dari arus laut menjadi energi mekanik berupa putaran. Turbin ini mirip dengan baling-baling, namun dirancang untuk beroperasi di bawah air dan mampu bekerja secara efisien pada kecepatan arus rendah [8][9]. Ada beberapa jenis turbin yang umum digunakan, antara lain turbin sumbu horizontal, turbin sumbu vertikal, serta turbin tipe ducted (bertabung). Pemilihan jenis turbin disesuaikan dengan arah arus, kecepatan arus laut, dan lokasi instalasi [9].

Selanjutnya, energi mekanik dari turbin akan diteruskan ke generator, yang berfungsi untuk mengubahnya menjadi energi listrik. Generator yang digunakan pada PLTAL biasanya dirancang agar dapat bekerja pada putaran rendah, karena arus laut tidak sekuat aliran sungai atau angin. Beberapa jenis generator yang umum dipakai antara lain *Permanent Magnet Synchronous Generator* (PMSG) dan *induction generator*. Dalam sistem yang menggunakan turbin putaran rendah, *direct-drive generator* sering kali dipilih agar tidak memerlukan gearbox, sehingga mengurangi kehilangan energi [10][11].

Agar sistem turbin dan generator dapat dipasang secara stabil di bawah laut, dibutuhkan struktur penyangga. Struktur ini berfungsi sebagai fondasi atau sistem tambat, dan dirancang untuk menahan

beban arus laut, tekanan air, serta perubahan pasang surut. Ada dua tipe utama struktur penyangga, yaitu struktur tetap (seperti monopile, gravity base, dan tripod) dan struktur terapung (*floating platform*) yang ditambatkan dengan kabel dan jangkar. Pemilihan struktur sangat bergantung pada kedalaman laut dan kondisi dasar laut [11][15].

Energi listrik yang dihasilkan oleh generator kemudian disalurkan ke darat menggunakan sistem transmisi listrik bawah laut, berupa kabel laut khusus yang tahan tekanan tinggi dan korosi. Kabel ini harus memiliki lapisan pelindung khusus dan sistem penyambungan yang aman agar tidak rusak oleh gelombang, abrasi, atau aktivitas laut. Dalam beberapa desain, sistem ini juga dilengkapi dengan sistem penstabil tegangan atau konverter untuk mengatur output daya listrik sebelum disalurkan ke jaringan darat [12][13].

Agar sistem pembangkit dapat bekerja secara otomatis dan efisien, dibutuhkan sistem kontrol dan monitoring. Sistem ini terdiri dari berbagai sensor untuk memantau kecepatan arus, suhu, tegangan, arus listrik, serta kondisi turbin dan generator. Pengolahan data dilakukan menggunakan sistem kendali seperti PLC (*Programmable Logic Controller*) atau sistem SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) yang memungkinkan pemantauan dan pengendalian dari jarak jauh. Dengan adanya sistem kontrol ini, operator dapat mengatur sistem shutdown saat terjadi gangguan atau bahaya [14].

Selain itu, sistem PLTAL juga dilengkapi dengan sistem proteksi dan keamanan untuk mencegah kerusakan pada komponen akibat faktor eksternal seperti arus lebih, korosi air laut, atau *biofouling* (pertumbuhan organisme laut). Beberapa perlindungan yang digunakan antara lain sistem pelindung katodik untuk mencegah korosi logam, sistem pelumas untuk turbin dan generator, serta pelindung dari puing-puing laut. Proteksi ini sangat penting mengingat lingkungan laut sangat ekstrem

dan dapat mempercepat keausan komponen.

Terakhir, dalam pembangunan dan operasional PLTAL dibutuhkan sistem instalasi dan perawatan yang meliputi kapal khusus, alat pengangkat berat, serta ROV (*Remotely Operated Vehicle*) untuk membantu pemasangan, pemantauan, dan perbaikan komponen bawah laut. Karena letaknya berada di dasar laut atau permukaan laut terbuka, maka akses untuk perawatan rutin menjadi tantangan tersendiri. Oleh karena itu, komponen harus dirancang agar tahan lama dan sistem perawatan dilakukan secara berkala dengan efisien untuk memastikan keberlanjutan dan kestabilan pembangkitan energi.

D. Spesifikasi komponen prototype

- a. Baling-baling digunakan untuk membangkitkan energi listrik pada generator.
 - Warna: Kuning
 - Bahan: Plastik
 - Jumlah Baling-Baling: 4 pisau
 - Panjang: 5.5 cm
 - Diameter Baling Baling : 8 cm
- b. Lampu Led digunakan sebagai beban pada prototype
 - Tegangan : ± 2 - 3V
 - Arus : ± 20 mA
 - Ukuran : 3 mm
 - Jumlah pin : 2 Pin
- c. Dinamo Motor DC digunakan untuk mengubah energi gerak menjadi energi listrik pada prototype .
 - Diameter Dinamo : 25 mm
 - Motor Panjang: 31 mm
 - Daya Tegangan: 0-20V
 - Tegangan: 6-12V
 - Kecepatan: 200 ~ 6000 rpm
- d. Pompa Air digunakan untuk menghasilkan arus laut pada prototype agar turbin bisa berputar.
 - Ac 220-240v
 - 50/60 Hz 26 W
 - Qmax 1400l/H

- Hmax. 1,2m

- e. Multimeter Analog digunakan sebagai alat ukur tegangan dan arus listrik yang dihasilkan pada prototype.
- f. Aquarium ini berfungsi sebagai tempat percobaan prototype kami dengan dengan P.L.T adalah 29x19x19cm.
- g. Kayu
Kayu digunakan sebagai penyangga turbin dan dianmo motor dc agar pada saat percobaan prototype agar tidak terkena air.

E. Perancangan prototype

Perancangan prototype ini adalah tahapan yang paling penting sebelum perakitan. Tahap perancangan ini terdiri dari perhitungan lebar, luas, analisa perkiraan berapa daya output yang akan dibangkitkan oleh prototype sebelum dilakukan uji coba prototype, skema dan desain rancangan yang akan dibuat, dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Menghitung Luas Permukaan Turbin

$$d_{\text{turbin}} = 8 \text{ cm} = 0,08 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} A_{\text{turbin}} &= \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d^2 \\ &= \left(\frac{3,14}{4}\right) \cdot 0,08^2 \\ &= 50,24 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$d_{\text{sumber arus}} = 1,4 \text{ cm} = 1,4 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\pi}{4}\right) \cdot d^2 \\ &= \left(\frac{3,14}{4}\right) \cdot 1,4^2 \\ &= 1,5386 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

2. Menghitung debit air

$$Q = \frac{12 \text{ L}}{118 \text{ s}} = \frac{12 \times 10^{-3}}{118 \text{ s}} = 0,101 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

3. Menghitung kecepatan arus air

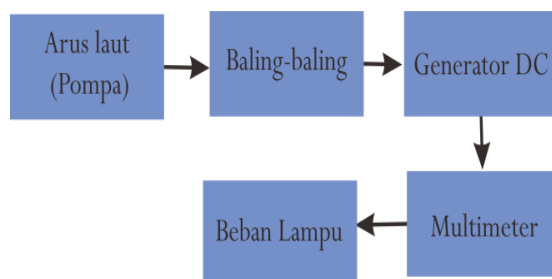
$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,101 \times 10^{-3}}{1,5386} = 0,65 \text{ m/s}$$

4. Daya Prototype berdasarkan perhitungan desain adalah sebagai berikut

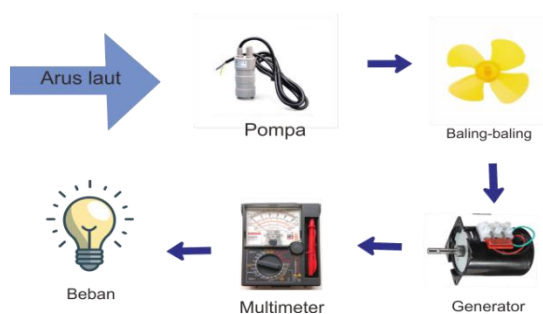
$$P = \frac{1,180 \times 10^{-3} \text{ Watt}}{0,0014575 \text{ Watt}} = 809,605 \text{ watt}$$

5. Skema perancangan prototype

Gambar 2 menunjukan skemadiagram block dari prototype rancang bangun dari alat yang akan dibuat. Prototype terdiri dari Pompa yang mewakili simulasi arus laut. Baling-baling yang diputar oleh arus yang dihasilkan pompa. Generator DC sebagai sumber pembangkit listrik. Multi meter digunakan sebagai sesnor petunjuk besarnya arus dan tegangan yang dihasilkan oleh Generator. Beban lampu menunjukan simulasi distribusi pembangkit listrik yang telah dihasilkan.



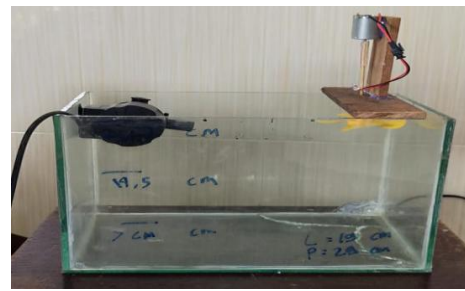
Gambar 2. Skema perancangan prototype



Gambar 3. Perancangan komponen prototype

F. Perakitan Prototype

Setelah melakukan perancangan kemudian pada tahap ini yaitu perakitan prototype, yaitu pemasangan komponen - komponen rangkaian dalam bentuk hardware berupa prototype yaitu dengan melakukan pengujian langsung pada alat.



Gambar 4. Desain prototype energy arus laut

G. Persamaan untuk menghitung daya Arus Laut

Untuk daya air yang mengalir pada suatu penampang saluran tertentu maka dalam perhitungannya dipergunakan :

$$P = 0,5 \cdot p \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

Dengan:

P = Energi listrik yang dihasilkan (watt)

p = berat jenis air (1025 kg/m³)

A= luas permukaan turbin (m²)

V= kecepatan arus (m/s) [1]

Estimasi nilai daya yang bisa dihasilkan dari turbin adalah sebagai berikut :

$$P = 0,5 \cdot p \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta \quad (2)$$

Dimana :

n = Efisiensi turbin [1]

Daya yang dihasilkan oleh turbin sebesar :

$$P_t = T \cdot \omega \quad (3)$$

Dimana :

T = Torsi (Nm²/s²)

ω = Kecepatan Sudut (rad /s) [1]

Rumus menghitung daya listrik

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

Dimana :

P = Daya Listrik (Watt)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus Listrik (Ampere) [1]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pengujian Prototype

Pengujian ini dilakukan dengan cara pembangkit listrik tenaga arus laut dari rancangan prototype yang kami buat dengan konfigurasi generator DC dipasang secara seri dengan beban, arus dan tegangan yang dihasilkan prototype akan diukur dengan bantuan multimeter. Pengujian ini dilakukan dengan parameter volume air, dengan kondisi volume air yang berbeda di setiap percobaan. Tabel 1 dan 2 adalah tabel hasil pengukuran arus, tegangan dan daya pada prototype.

Dari Tabel 1 diketahui percobaan pada pengujian prototype tanpa beban dengan parameter pengukuran adalah ketinggian air pada percobaan pertama dengan ketinggian air 7 cm dengan volume air 3,85 liter dihasilkan tegangan 0,49 Volt dan arus sebesar 1,5 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,000735 watt

Pada percobaan kedua dengan ketinggian air 14,5 cm dengan volume air 7,98 liter menghasilkan tegangan 0,55 Volt

dan arus sebesar 2,65 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,0014575 watt. Pada percobaan ketiga dengan ketinggian air 21,2 cm dengan volume air 11,68 liter menghasilkan tegangan 0,5 volt dan arus sebesar 2,7 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,00135 watt.

Dari Tabel 2 diketahui percobaan pada prototype dengan beban lampu Led dengan parameter yang sama yaitu percobaan pertama dengan ketinggian air 7 cm dengan volume air 3,85 liter dihasilkan tegangan 0,18 volt dan arus sebesar 1 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,00018 watt, dan pada percobaan kedua dengan ketinggian air 14,5 cm dengan volume air 7,98 liter menghasilkan tegangan 0,25 volt dan arus sebesar 2,1 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,00525 watt.

Pada percobaan ketiga dengan ketinggian air 21,2 cm dengan volume air 11,68 liter menghasilkan tegangan 0,19 volt dan arus sebesar 2,2 mA sehingga menghasilkan daya sebesar 0,00418 watt.

Tabel 1. Data Pengujian Prototype Tanpa Beban

No	Ketinggian Air (cm)	Volume Air (Liter)	Daya (Watt)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1.	7	3,85	0,000735	0,49	1,5
2.	14,5	7,98	0,0014575	0,55	2,65
3.	21,2	11,68	0,00135	0,5	2,7
Rata-Rata			$1,180 \times 10^{-3}$	0,513	2,283
Min			0,000735	0,49	1,5
Max			0,0014575	0,55	2,7

Tabel 2. Data Pengujian Prototype Dengan Beban

No	Ketinggian Air (cm)	Volume Air (Liter)	Daya (Watt)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1.	7	3,85	0,00018	0,18	1
2.	14,5	7,98	0,000525	0,25	2,1
3.	21,2	11,68	0,000418	0,19	2,2
Rata-Rata Arus			$3,743 \times 10^{-4}$	0,206	1,76
Min			0,00018	0,18	1
Max			0,000525	0,25	2,2

b. Perhitungan

- a. Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat dihitung energi listrik yang dihasilkan tanpa nilai konstanta efisiensi turbin menggunakan persamaan (1) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{in} &= 0,5 \cdot p \cdot A \cdot v^3 \\ &= 0,5 \cdot 1025 \cdot 50,24 (0,65)^3 \\ &= 0,707 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- b. Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat dihitung energi listrik yang dihasilkan dengan nilai konstanta efisiensi turbin menggunakan persamaan (2) adalah sebagai berikut:

- Perhitungan daya output tanpa beban

$$\begin{aligned} P_{out} &= I \cdot V \\ &= 2,7 \text{ mA} \times 0,55 \text{ Volt} \\ &= 1,485 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Perhitungan daya output dengan beban

$$\begin{aligned} P_{out} &= I \cdot V \\ &= 2,2 \text{ mA} \times 0,25 \text{ Volt} \\ &= 0,55 \text{ watt} \end{aligned}$$

- Menghitung Efisiensi generator tanpa beban

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{1,485 \text{ watt}}{0,707 \text{ Watt}} \times 100\% \\ \eta &= 2,100\% \end{aligned}$$

- Menghitung Efisiensi generator dengan beban

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \\ \eta &= \frac{0,55}{0,707 \text{ Watt}} \times 100\% \\ \eta &= 0,777\% \end{aligned}$$

- Menghitung Efisiensi turbin

$$\begin{aligned} n &= 60 \text{ rpm} = 1 \text{ putaran / detik} \\ \omega &= \frac{2 \pi \cdot n}{60} \\ \omega &= \frac{2 \times 3,14 \times 60}{60} \\ &= 6,28 \text{ rad / s} \\ m &= p \cdot Q \cdot v \\ &= 1025 \times 0,101 \times 10^{-3} \times 0,65 \\ &= 0,067 \text{ kg m/s}^2 \\ F_t &= m \cdot g \\ &= 0,067 \times 10 \\ &= 0,67 \text{ Nm/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= F_t \cdot r \\ &= 0,67 \times 0,04 \\ &= 0,026 \text{ Nm/s}^2 \\ P_t &= T \cdot \omega \\ &= 0,026 \times 6,28 \\ &= 0,16 \text{ Watt} \\ \eta &= P_t / P_a \times 100\% \\ \eta &= 0,16 / 0,707 \times 100\% \\ &= 0,22 \times 100\% \\ &= 22\% \\ P &= 0,5 \cdot p \cdot A \cdot v^3 \cdot \eta \\ &= 0,5 \times 1025 \times 50,24 \times 10^{-6} (0,65)^3 \times 0,22 \\ &= 0,15554 \text{ Watt} \end{aligned}$$

Jadi besar daya pada Prototype berdasarkan persamaan (1) adalah sebesar 0,707 Watt dengan efisiensi turbin berdasarkan persamaan (2) adalah sebesar 0,15554 Watt dan diketahui nilai efisiensi generator secara desain sebesar $\eta = 2,100\%$ sebelum di berikan beban dan apabila dibandingkan dengan nilai efisiensi hasil perhitungan pada generator setelah diberikan beban sebesar 0,777 %, nilai efisiensi Turbine Generator mengalami penurunan.

IV. SIMPULAN

- Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa daya max yang dihasilkan dari percobaan tanpa beban adalah sebesar 0,0014575 watt dan daya max yang dihasilkan dari percobaan dengan beban adalah sebesar 0,000525 watt.
- Berdasarkan daya hasil perhitungan awal pada prototype tersebut adalah 809,605 watt agar bisa membangkitkan beban tetapi pada percobaan nya hasil yang di dapatkan adalah sebesar 0,707 watt dan ,15554 Watt sehingga pada prototype kami tidak mampu menghasilkan daya sesuai yang dibutuhkan beban dan hasilnya lampu nya tidak menyala.
- Berdasarkan percobaan tersebut terlihat nilai efisiensi turbine generator pada

percobaan dengan beban adalah sebesar 2,100 % dan mengalami penurunan disaat percobaan dengan beban menjadi 0,777 %.

4. Efisiensi putaran generator pada prototype ini tidak bisa mencapai 100% dan hanya 0,22 %, hal ini disebabkan oleh rugi-rugi yang ada pada generator tersebut. Berdasarkan hasil Efisiensi prototype ini menandakan bahwa prototype yang kami buat tidak bekerja secara maksimal karena banyak factor yang mempengaruhi sehingga nilai daya yang dibangkitkan tidak dapat menyalakan beban yang kami gunakan beberapa factor di antaranya yaitu penempatan turbin yang tidak sesuai, pengaruh volume air, kemampuan kerja generator yang kurang, dan rugi gesekan yang bisa disebabkan oleh gesekan udara pada saat percobaan.

V. RUJUKAN

- [1] Z. Qin, X. Tang, Y.-T. Wu, dan S.-K. Lyu, "Advancement of Tidal Current Generation Technology in Recent Years: A Review," *Energies*, vol. 15, no. 21, art. 8042, Okt. 2022 [researchgate.net+2mdpi.com+2diving-rov-specialists.com+2](https://www.researchgate.net/publication/362121212).
- [2] F. Wani dan H. Polinder, "A Review of Tidal Current Turbine Technology: Present and Future," Delft Univ. of Technology, Netherlands, 2021 [diving-rov-specialists.com+1ewh.ieee.org+1](https://www.diving-rov-specialists.com/lewh.ieee.org+1).
- [3] D. Magagna dan A. Uihlein, "Status and Challenges of Marine Current Turbines: A Global Review," *J. Mar. Sci. Eng.*, vol. 12, no. 6, art. 884, Jun. 2024 [mdpi.com+1diving-rov-specialists.com+1](https://www.mdpi.com/1diving-rov-specialists.com+1).
- [4] Katarina Yuen, "A low-speed generator for energy conversion from marine currents—experimental validation of simulations," *IEEE J. Ocean. Eng.*, Nov. 2008 [sciencedirect.com+14diva-portal.org+14diva-portal.org+14](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0888327008700144).
- [5] K. Segergren, K. Nilsson, D. P. Coiro, dan M. Leijon, "Design of a Very Low Speed PM Generator for the Patented KOBOLD Tidal Current Turbine," in *EnergyOcean*, Palm Beach, FL, 2004 diva-portal.org.
- [6] M. Mehrubeoglu, L. McLauchlan, dan B. Karayaka, "Ocean Energy Conversion and Storage Prototypes for Wave, Current and Tidal Energy Generators," dalam *IEEE Green Technologies Conf.*, 2014 [academia.edu](https://www.academia.edu/).
- [7] Implementation and Measurements of a Prototype Marine-Current Power Generation System on Peng-Hu Island (ResearchGate) [arxiv.org+9researchgate.net+9diva-portal.org+9](https://arxiv.org/abs/1908.09999).
- [8] On Possibilities of Using Tidal Stream Turbine for Power Generation in Karnaphuli River (Simulink Model), 2023 [researchgate.net](https://www.researchgate.net/).
- [9] Enabling science and technology for marine renewable energy, ScienceDirect, 2008 [sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com/).
- [10] "Marine Energy Electrical Architecture," ORE Catapult review, 2015 ore.catapult.org.uk.
- [11] A numerical study on power production vs current velocity in Horizontal Axis Marine Current Turbine (HAMCT) [arxiv.org+2jcme-journal.com+2arxiv.org+2](https://arxiv.org/abs/2106.09999).
- [12] "Marine Tidal Current Electric Power Generation Technology – State-of-the-Art and Current Status," ResearchGate [researchgate.net](https://www.researchgate.net/).
- [13] "Marine Current Energy Conversion" thesis detailing direct-drive PM generator design for tidal currents [researchgate.net+9diva-portal.org+9diva-portal.org+9](https://www.researchgate.net/publication/362121212).
- [14] F. Naghavi et al., "Permanent Magnet Linear Generator Design for Surface Riding Wave Energy Converters," arXiv, 2021 [academia.edu+2arxiv.org+2diva-portal.org+2](https://www.academia.edu/2arxiv.org+2diva-portal.org+2).
- [15] A. Hasankhani et al., "Integrated Path Planning and Tracking Control of Marine Current Turbine in Uncertain Ocean Environments," arXiv, 2021