

Rancang Bangun Elektrolit Baterai Menggunakan Cu-Zn dan Air Laut Pantai Kedonganan

Anak Agung Gede Indra Pradipta¹, Wiko Andrian Winanda², Agus Dharma³,
Putu Ayu Rhamani Suryadhi⁴

¹²³⁴ Universitas Udayana

wikoandrianwinanda@gmail.com²

ABSTRACT

Indonesia as a maritime country has great potential in utilizing seawater as a renewable energy source, one of which is through seawater battery technology. This study designed and built a battery with seawater-based electrolyte from Kedonganan Beach and Cu-Zn (copper-zinc) electrode pairs for lighting needs. The battery was assembled in a 50×12×8 cm acrylic container, consisting of 20 cells connected in series to produce a total voltage of ±12 V, with each cell having a voltage of 0.8 V. Each cell contains five pairs of 6×5 cm electrodes spaced 4 mm apart and separated by paper as a separator. The test results showed a no-load voltage of 16.23 V and a voltage with a 5 watt load of 7.7 V with a current of 0.0018 A. At a 10 watt load, a voltage of 7.75 V and a current of 0.0023 A were achieved. The battery capacity reached 34.56 mAh during the 12-hour test. The depth of discharge (DoD) was recorded at 70.56%.

Keywords: electrolyte, seawater, seawater battery, lighting

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara maritim memiliki potensi besar dalam pemanfaatan air laut sebagai sumber energi terbarukan, salah satunya melalui teknologi seawater battery. Penelitian ini merancang dan membangun baterai dengan elektrolit berbasis air laut dari Pantai Kedonganan dan elektroda pasangan Cu-Zn (tembaga-seng) untuk kebutuhan penerangan. Baterai dirakit dalam wadah akrilik berukuran 50×12×8 cm, terdiri dari 20 sel yang dirangkai seri untuk menghasilkan tegangan total ±12 V, dengan masing-masing sel memiliki tegangan 0,8 V. Setiap sel memuat lima pasang elektroda berukuran 6×5 cm yang diberi jarak 4 mm dan dipisahkan oleh kertas sebagai separator. Hasil pengujian menunjukkan tegangan tanpa beban sebesar 16,23 V dan tegangan dengan beban 5 watt sebesar 7,7 V dengan arus 0,0018 A. Pada beban 10 watt, tegangan 7,75 V dan arus 0,0023 A tercapai. Kapasitas baterai mencapai 34,56 mAh selama pengujian 12 jam. Tingkat pengosongan (Depth of Discharge/DoD) tercatat sebesar 70,56%.

Kata Kunci: elektrolit, air laut, baterai air laut, penerangan

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk. Sebagai negara maritim dengan wilayah perairan yang luas, Indonesia memiliki potensi besar dalam pemanfaatan sumber daya laut untuk energi terbarukan (Firkriansyah, 2022).

Bali sebagai destinasi wisata terkenal memiliki banyak pantai, salah satunya Kedonganan. Pantai ini tidak hanya menawarkan panorama laut dan wisata kuliner, tetapi juga menjadi lokasi potensial untuk penelitian pemanfaatan energi laut (Firkriansyah, 2022).

Berbagai sumber energi terbarukan telah dimanfaatkan, seperti matahari, angin, panas bumi, hingga pergerakan air (Adriani, 2020). Di antara pilihan tersebut, air laut memiliki potensi besar sebagai sumber energi alternatif karena ketersediaannya yang melimpah di Indonesia (Prasetia, 2022).

Pemanfaatan air laut sebagai sumber energi dapat diwujudkan melalui teknologi baterai air laut (seawater battery). Prinsip kerjanya berbasis reaksi elektrokimia antara elektroda tembaga (Cu) dan seng (Zn) dalam larutan air laut yang kaya senyawa NaCl (Prasetia, 2022).

Ion Na^+ dan Cl^- pada air laut memungkinkan aliran elektron dari seng menuju tembaga, sehingga menghasilkan arus listrik. Dengan sifatnya yang ramah lingkungan, elektrolit dari air laut berpotensi besar digunakan untuk aplikasi penerangan maupun kebutuhan energi skala kecil lainnya (Prasetia, 2022).

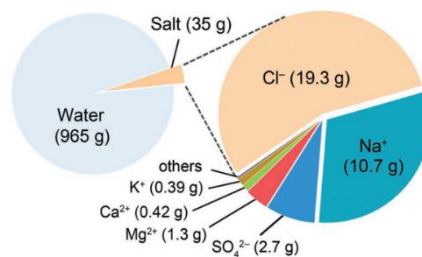
TINJAUAN LITERATUR

Energi Listrik

Kebutuhan Energi merupakan kebutuhan vital manusia dan penggunaannya bergantung pada ketersediaan sumber energi. Energi terbagi menjadi dua jenis, yaitu terbarukan dan tidak terbarukan. Sumber energi tak terbarukan seperti bahan fosil semakin menipis, sehingga perlu alternatif dari energi terbarukan. Di Indonesia, sumber yang melimpah antara lain panas bumi serta energi laut, seperti gelombang dan air laut, yang dapat dimanfaatkan sebagai elektrolit pada baterai (Prasetia, 2022).

Air Laut

Air laut terdiri dari sekitar 96,5% air murni dan 3,5% material lain berupa garam mineral, gas terlarut, bahan organik, dan partikel padat. Kadar garam rata-rata 3,5% berasal dari pelarutan mineral batuan oleh aliran sungai yang bermuara ke laut (Hwang, 2019).



Gambar 1. Komponen Air Laut

Sebagai elektrolit alami, air laut memiliki ion utama Na^+ dan Cl^- dengan konduktivitas tinggi sekitar 50 mS/cm. Sebelumnya, air laut telah digunakan dalam sel elektrokimia dengan anoda logam reaktif seperti Mg atau Al, namun sel yang dihasilkan bersifat primer, tidak dapat diisi ulang, dan memiliki tegangan rendah (<1,6 V) (Hwang, 2019).

Baterai

Baterai atau akumulator adalah sel listrik yang bekerja berdasarkan reaksi elektrokimia reversible dengan efisiensi tinggi. Pada proses discharge, elektron mengalir dari anoda ke katoda melalui beban, sementara ion negatif menuju anoda dan ion positif menuju katoda. Sebaliknya, saat proses pengisian, aliran berbalik dengan bantuan sumber daya eksternal (Keputusan Direksi PT. PLN, 2014)

1. Baterai Asam (Lead-Acid) merupakan jenis baterai yang memanfaatkan larutan H_2SO_4 sebagai elektrolit. Elektroda yang digunakan terdiri atas PbO_2 sebagai anoda dan Pb sebagai katoda, dan umumnya diaplikasikan pada kendaraan maupun sistem penyimpanan daya cadangan.
2. Baterai Alkali, memanfaatkan larutan KOH sebagai elektrolit, dengan variasi yang umum dijumpai yaitu Ni-Fe dan Ni-Cd. Khususnya, baterai Ni-Cd sering digunakan dalam instalasi PLN karena keandalannya.
3. Baterai Lithium bekerja dengan prinsip pergerakan ion lithium sebagai pembawa muatan. Material yang digunakan adalah grafit pada anoda, serta senyawa lithium oksida (LiCoO_2 , LiFePO_4 , LiMn_2O_4) pada katoda. Elektrolitnya terdiri atas garam lithium, misalnya LiPF_6 atau LiClO_4 , yang dilarutkan dalam pelarut organik.
4. Elektrolit adalah larutan kimia yang mampu menghantarkan arus listrik melalui ion-ion positif dan negatif. Semakin tinggi jumlah ion yang dihasilkan, semakin baik daya hantar listriknya. Dalam baterai, elektrolit berperan penting sebagai media penghantar muatan antar elektroda.[5]

Baterai Air Laut

Baterai air laut adalah salah satu jenis baterai yang memanfaatkan air laut sebagai elektrolit menghasilkan listrik (Byrne, 2017). Prinsip kerjanya mirip dengan baterai konvensional, namun dengan sumber daya yang lebih melimpah dan mudah diakses, yaitu air laut (Hardiniko, 2017).

Elektroda

Elektroda merupakan konduktor listrik yang berfungsi menghubungkan terminal baterai dengan elektrolit. Pada baterai, elektroda positif disebut katoda, sedangkan elektroda negatif disebut anoda.[8]

1. Tembaga
Tembaga atau Cuprum (Cu) memiliki nomor atom 29 dan massa atom 63,546. Logam ini berwarna kemerahan serta dikenal sebagai penghantar listrik dan panas yang sangat baik, sehingga umum digunakan sebagai elektroda.
2. Seng
Seng (Zn) memiliki nomor atom 30 dan massa atom relatif 65,39 g/mol. Logam ini termasuk golongan 12 pada tabel periodik dan memiliki sifat mirip magnesium dengan bilangan oksidasi +2. Seng cukup keras namun rapuh, dapat bertahan pada suhu 100–150 °C, serta memiliki titik lebur rendah dibanding logam lain. Sifat konduktivitasnya menjadikannya sesuai digunakan sebagai elektroda (Hayadi, 2018).

Korosi

Korosi berasal dari kata Latin *corrodere* yang berarti merusak logam atau berkarat. Secara umum, korosi adalah proses degradasi material akibat pengaruh lingkungan. Meski identik dengan logam, korosi juga dapat terjadi pada material non-logam seperti keramik, plastik, atau karet, misalnya cat karet yang rusak karena sinar matahari atau bahan kimia.

Proses ini umumnya bersifat elektrokimia, ditandai dengan reaksi oksidasi dan reduksi. Faktor lingkungan yang memicu korosi antara lain udara, cahaya matahari, embun, air tawar, air laut, air payau, serta kondisi tanah tertentu seperti tanah rawa atau tanah berpasir (Irfan, 2022).

Sel Volta

Sel volta adalah sistem yang menghasilkan arus listrik melalui reaksi redoks spontan. Dalam sel ini, katoda berperan sebagai kutub positif dan anoda sebagai kutub negatif. Arus listrik terbentuk karena adanya reaksi kimia spontan yang terjadi di antara kedua elektroda (Yasu, 2021).

Sel Elektrokimia

Sel elektrokimia adalah sistem yang menghasilkan listrik melalui reaksi oksidasi dan reduksi. Pada proses ini, elektron dilepaskan dari satu elektroda (oksidasi) dan diterima oleh elektroda lainnya (reduksi), sehingga tercipta aliran listrik. (Irfan, 2022).

Arus listrik

Arus listrik adalah laju perubahan muatan terhadap waktu atau jumlah muatan listrik yang mengalir dalam suatu konduktor. Arus hanya ada ketika terdapat muatan yang bergerak akibat adanya energi dari luar, sedangkan muatan diam tidak menghasilkan arus (Yasu, 2021).

$$V = I \times R \dots\dots\dots(1)$$

Perbandingan antara tegangan dengan kuat arus merupakan suatu bilangan konstan yang disebut hambatan listrik. Secara matematika dituliskan:

$$V/R = I \dots\dots\dots(2)$$

Dengan:

V = Beda potensial atau Tegangan (V)

I = Kuat Arus (A)

R = Hambatan listrik (Ohm)

Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah energi yang diperlukan untuk memindahkan satu muatan listrik dari satu titik ke titik lain dalam suatu rangkaian. Besaran ini dinyatakan dalam volt dan sering disebut sebagai beda potensial, karena menggambarkan perbedaan potensial listrik antara dua titik (Yasu, 2021).

Hambatan Listrik

Hambatan listrik adalah perbandingan antara tegangan dan arus dalam suatu rangkaian, dilambangkan dengan R dan satuannya Ohm (Ω). Besarnya hambatan dapat dihitung menggunakan Hukum Ohm dengan rumus (Yasu, 2021):

$$R = V/I \dots\dots\dots(3)$$

Lampu LED

Light Emitting Diode (LED) adalah komponen semikonduktor berbentuk dioda yang dapat memancarkan cahaya (Mulyadi, 2020). Prinsip kerjanya sama dengan dioda, yaitu saat elektron melewati sambungan P-N (positif-negatif), energi dilepaskan dalam bentuk cahaya (Yuhardi, 2022).

Kabel

Dalam instalasi listrik perumahan, jenis kabel yang umum digunakan adalah NYA, NYM, dan NYY sesuai tata nama standar. Selain itu, terdapat kabel jumper yang memiliki pin konektor di setiap ujungnya dan berfungsi untuk menghubungkan dua komponen listrik (Yuhardi, 2022).

Depth of Discharge (DoD)

DoD adalah perbandingan antara kapasitas baterai yang terpakai dengan kapasitas totalnya, yang dapat ditentukan secara matematis melalui persamaan:[13]

$$DoD = \left(\frac{I_D \times t_D}{C} \right) \times 100\% \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

- DoD = Depth of Discharge (%)
- I_D = Arus pengosongan (A)
- t_D = Waktu pengosongan (jam)
- C = Kapasitas baterai (Ah)

DoD berkaitan dengan kesehatan baterai, semakin tinggi nilainya, semakin pendek umur siklus baterai.

Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai adalah ukuran kemampuan baterai dalam menghantarkan arus selama jangka waktu tertentu. Besarannya dinyatakan dalam satuan Ampere Hour (Ah) dan dapat dihitung menggunakan persamaan khusus (Hlal, 2019).

$$C = I \times t \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- C = Kapasitas baterai (Ah)
- I = Arus (Ampere)
- t = Waktu (jam/sekon)

Tegangan baterai pada rangkaian seri dapat dihitung dengan persamaan:

$$U_{series_n} = U_{s1_n} + U_{s2_n} \dots\dots\dots(6)$$

Di mana:

C_{Pn} = Jumlah kapasitas baterai tiap cell

Useriesn = Tegangan baterai yang ditentukan

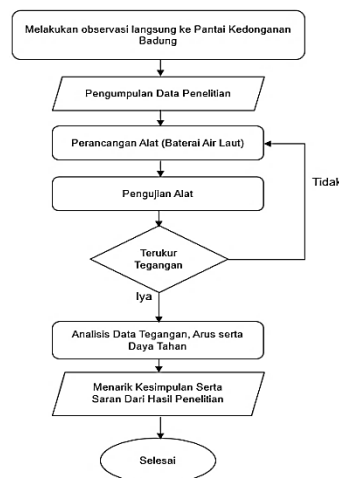
Usn = Jumlah tegangan baterai tiap cell

Life of Cycle

Siklus hidup baterai adalah jumlah pengisian dan pengosongan yang dapat dilakukan hingga baterai mencapai akhir masa pakainya. Durasi tiap siklus berbeda tergantung jenis baterai. Pada baterai air laut, material elektroda dan komponen sangat memengaruhi siklus hidup. Faktor lain yang berpengaruh meliputi batas jumlah siklus (*cycle count limit*), pola penggunaan, nilai DoD, serta kondisi lingkungan (Hlal, 2019).

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini, elektrolit yang digunakan adalah air laut dari Pantai Kedonganan. Perancangan *Seawater Battery* dilakukan di Jimbaran, serta penelitian ini dilakukan mulai dari bulan Agustus 2024 – Juli 2025.

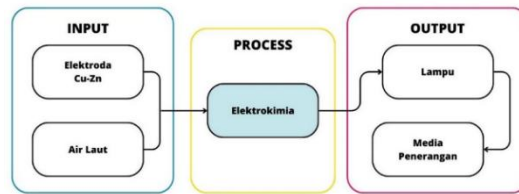


Gambar 2. Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini diawali dengan observasi lapangan untuk mengidentifikasi potensi energi air laut di Pantai Kedonganan. Dilanjutkan dengan pengumpulan data terkait kandungan air laut, spesifikasi lampu, dan bahan elektroda Cu-Zn. Selanjutnya, dilakukan perancangan dan pengujian purwarupa baterai air laut untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan. Hasil pengujian dianalisis untuk menilai kesesuaian baterai dengan kebutuhan penerangan, yang kemudian menjadi dasar penarikan kesimpulan.

Gambaran Umum

Sistem yang dirancang adalah baterai Cu-Zn dengan elektrolit air laut untuk proses elektrokimia. Baterai ini ditujukan untuk menyuplai lampu LED, sehingga perancangannya disesuaikan dengan kebutuhan daya lampu tersebut.

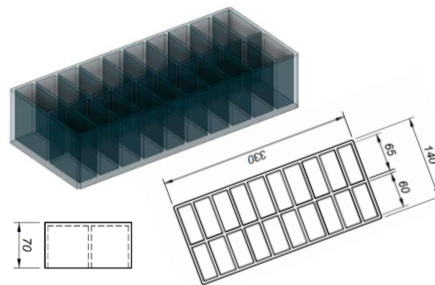


Gambar 3. Diagram Blok Perencanaan Baterai Air Laut

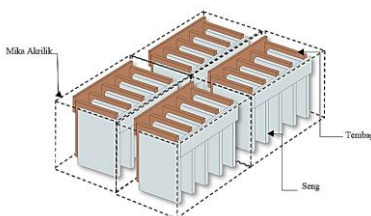
Diagram blok menggambarkan sistem baterai air laut yang terdiri dari tiga bagian utama: Input, Proses, dan Output. Pada bagian Input, elektroda tembaga-seng direndam dalam air laut sebagai elektrolit, membentuk sel baterai. Di bagian Proses, terjadi reaksi elektrokimia yang menghasilkan energi listrik. Output-nya berupa nyala lampu LED sebagai sumber penerangan. Sistem ini dirancang untuk mengoptimalkan penyaluran energi dari air laut melalui baterai.

Perancangan Desain Baterai

Baterai air laut dengan elektroda tembaga-seng dirancang berdasarkan pada beban lampu yang digunakan untuk penerangan. Berikut gambaran umum alat atau *prototype* desain dari baterai air laut yang akan dibuat:



(a)



(b)

Gambar 4. Desain Perancangan (a) Wadah Baterai dan (b) Sel Baterai

Baterai air laut dibuat dengan menggunakan mika akrilik sebagai wadah berbentuk persegi panjang atau balok dengan ruang-ruang yang terbagi menjadi 20 buah, yang mana ruang ini digunakan sebagai tempat dari sel baterai. Wadah baterai

berukuran panjang dan lebar 50x12 cm dengan tinggi 8 cm. Untuk ruang sel baterai pada wadah dibuat sesuai dengan elektroda penyusunnya yaitu tembaga untuk katoda dan seng untuk anoda dengan ukuran elektroda 6x5 cm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Jarak Antar Elektroda Pada Baterai

Pengujian jarak antar elektroda pada baterai air laut dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap output tegangan dan arus. Jarak elektroda memengaruhi kinerja baterai: terlalu dekat berisiko korsleting, terlalu jauh meningkatkan resistansi. Pengujian dilakukan pada satu sel baterai, baik dengan beban (resistor 330 Ω) maupun tanpa beban. Hasilnya disajikan dalam tabel berikut:

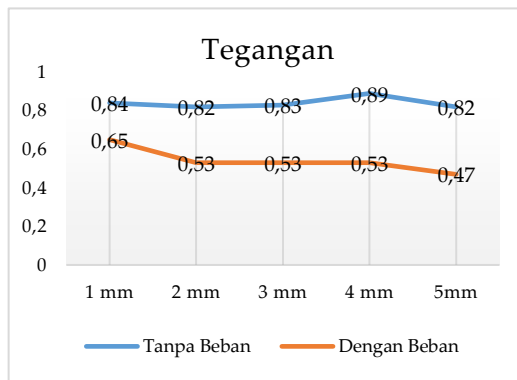


Gambar 5. Pengujian Jarak Antar Elektroda

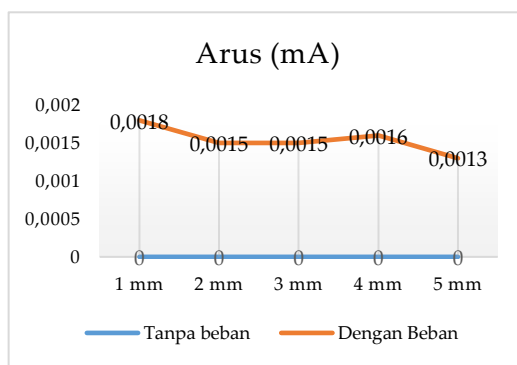
Tabel 1. Pengukuran Nilai *Output* Baterai Jarak Elektroda 4 mm

Uji Coba	Tanpa Beban (V)	Resistor 330 Ω (V)	Arus (I)
Pertama	0,91	0,52	0,0017 A
Kedua	0,88	0,54	0,0015 A
Ketiga	0,89	0,53	0,0016 A
Rata - rata	0,89	0,53	0,0015 A

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran pada jarak elektroda 4 mm. Rata-rata tegangan tanpa beban sebesar 0,89 V, dan turun menjadi 0,53 V saat diberi beban resistor. Arus rata-rata yang mengalir adalah 0,0015 A. Hasil pengujian dapat dilihat pada grafik di bawah:



(a)



(b)

Gambar 6. (a) Grafik Perubahan Tegangan dan (b) Arus Berdasarkan Jarak Antar Elektroda

Pada grafik, bagian tegangan tanpa menggunakan beban dapat dilihat bahwa tidak terjadi penurunan yang signifikan, tegangan paling tinggi didapat sebesar 0,89 V pada jarak 4 mm lalu tegangan terendah didapat pada jarak 2 mm dan 5 mm sebesar 0,82 V. Kemudian bagian tegangan dengan menggunakan beban (330Ω). Untuk tegangan dengan beban resistor terjadi penurunan tegangan yang cukup signifikan, pada jarak 1 mm dengan beban tegangan berada pada 0,65 VDC yang mulanya sebesar 0,84 VDC, terjadi penurunan sebesar 0,19 volt setelah diberi beban 330 ohm. Begitu juga pada jarak 2 mm sampai 4 mm sebesar 0,53 VDC dan penurunan tegangan terendah terjadi pada jarak 5 mm yaitu sebesar 0,47 VDC.

Hasil Pengujian Nilai Output Baterai Air Laut (Tanpa Beban)

Pengujian dilakukan pada satu sel baterai yang terdiri dari lima pasang elektroda Cu-Zn dengan separator kain kertas. Tujuannya untuk mengetahui tegangan output tiap sel sebelum diuji menggunakan beban lampu. Hasil pengujian disajikan dalam tabel berikut:



Gambar 7. Pengujian *Output* Baterai Tanpa Beban

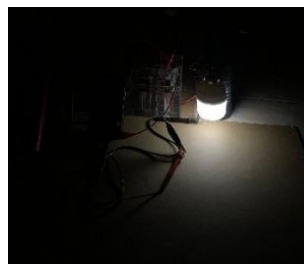
Tabel 2. Hasil Rata – Rata Pengujian Nilai *Output* Baterai Air Laut Tanpa Beban

Waktu Pengujian	Tanpa Beban		Ket.
	Tegangan	Arus	
5 Menit	16,21 V	0	
15 Menit	16,10 V	0	
25 Menit	16 V	0	
40 Menit	15,89 V	0	
60 Menit	15,85 V	0	
90 Menit	15,83 V	0	

Berdasarkan tabel 2 seiring berjalannya waktu terjadi penurunan tegangan meskipun tidak terpasang beban. Pada titik waktu 5 menit-40 menit terjadi perubahan tegangan yang sama yaitu sekitar 0,1 V. Lalu setelah mencapai waktu 60 menit ke atas penurunan tegangan pada baterai terlihat lebih sedikit dibandingkan sebelumnya. Pada arus baterai didapatkan nilai nol dikarenakan tidak adanya beban yang terhubung dengan baterai.

Hasil Pengujian Nilai *Output* Baterai dengan Beban Lampu 5 Watt

Pengujian nilai *output* baterai air laut dengan lampu 5W perlu dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai tegangan dan arus pada baterai air laut. Proses pengujian dimulai dengan penyusunan sel baterai secara seri kemudian dihubungkan dengan beban lampu 5W yang mengakibatkan rangkaian berubah menjadi rangkaian tegangan tertutup. Setelah itu dilakukan pengukuran menggunakan multimeter. Hasil nilai rata – rata pengujian dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut:



Gambar 8. Pengujian *Output* Baterai Menggunakan Beban Lampu 5W

Tabel 3. Hasil Rata – Rata Pengujian Nilai *Output* Baterai Air Laut Dengan Beban Lampu 5W

Waktu Pengujian	Lampu 5W		Ket.
	V	I	
5 Menit	7,7 V	0,0018 A	1,386 lm (Sangat Redup)
15 Menit	7,69 V	0,0017 A	1,307 lm (Sangat Redup)
25 Menit	7,68 V	0,0018 A	1,382 lm (Sangat Redup)
40 Menit	7,68 V	0,0018 A	1,382 lm (Sangat Redup)
60 Menit	7,69 V	0,0018 A	1,384 lm (Sangat Redup)
90 Menit	7,69 V	0,0019 A	1,461 lm (Sangat Redup)

Berdasarkan Tabel 3, tegangan awal sebesar 7,7 V dan hanya turun sedikit menjadi 7,69 V setelah 15 menit, lalu stabil hingga 90 menit dengan penurunan kecil di 25-40 menit. Arus rata-rata stabil di 0,0018 A, sempat turun ke 0,0017 A. Lampu 5W menyala, meski redup, menunjukkan baterai berfungsi namun belum sepenuhnya mencukupi kebutuhan daya lampu.

Hasil Pengujian Nilai Output Baterai dengan Beban Lampu 10 Watt

Pengujian nilai output baterai dengan beban lampu 10W dilakukan untuk mengetahui kemampuan baterai dalam memenuhi kebutuhan penerangan. Pengujian ini penting untuk menilai performa dari baterai air laut. Nilai rata – rata hasil pengujian baterai untuk beban lampu 10W dapat dilihat pada tabel di bawah ini:



Gambar 9. Pengujian Output Baterai Menggunakan Beban Lampu 10W

Tabel 4. Hasil Rata – Rata Pengujian Nilai Output Baterai Air Laut Dengan Beban Lampu 10W

Waktu Pengujian	Lampu 10W		Ket.
	V	I	
5 Menit	7,75 V	0,0023 A	1,782 lm (Sangat Redup)

15 Menit	7,74 V	0,002 A	1,548 lm (Sangat Redup)
25 Menit	7,74 V	0,0019 A	1,470 lm (Sangat Redup)
40 Menit	7,73 V	0,0019 A	1,468 lm (Sangat Redup)
60 Menit	7,73 V	0,0018 A	1,391 lm (Sangat Redup)
90 Menit	7,73 V	0,0017 A	1,341 lm (Sangat Redup)

Berdasarkan Tabel 4, tegangan awal 7,75 V turun sedikit hingga stabil di 7,73 V pada menit ke-40 hingga 90. Arus awal 0,0023 A terus menurun hingga 0,0017 A di menit ke-90. Lampu 10W menyala redup karena penurunan tegangan dan arus, menandakan baterai belum mampu memenuhi daya lampu secara optimal.

Hasil Perhitungan Daya Tahan dan Efisiensi Baterai

Pengujian daya tahan baterai air laut dilakukan untuk mengetahui lamanya baterai menyalakan lampu 10 watt. Pengukuran meliputi tegangan, arus, kapasitas baterai, tingkat lumen lampu, dan kondisi air laut selama proses elektrokimia. Rata-rata nilai tegangan, arus, dan kapasitas disajikan dalam tabel berikut:



Gambar 10. Pengujian Daya Tahan dan Efisiensi Baterai

Tabel 5. Pengukuran Nilai Rata - Rata Arus dan Tegangan Baterai Untuk Lampu Selama 12 Jam

Baterai Air Laut			
Waktu	LED 10W		Keterangan
	V	I	
0	7,73 V	0,00288 A	2.22624 lm (Sangat Redup)
60 Menit	7,81 V	0,00288 A	2.24928 lm (Sangat Redup)
120 Menit	7,76 V	0,00286 A	2.21936 lm (Sangat Redup)
180 Menit	7,76 V	0,00287 A	2.22712 lm

			(Sangat Redup)
240 Menit	7,74 V	0,00254 A	1.96596 lm (Sangat Redup)
300 Menit	7,7 V	0,00204 A	1.5708 lm (Sangat Redup)
360 Menit	7,7 V	0,00180 A	1.386 lm (Sangat Redup)
420 Menit	7,69 V	0,00147 A	1.13043 lm (Sangat Redup)
480 Menit	7,79 V	0,00129 A	1.00491 lm (Sangat Redup)
540 Menit	7,66 V	0,00121 A	0.92686 lm (Sangat Redup)
600 Menit	7,66 V	0,00100 A	0.766 lm (Sangat Redup)
660 Menit	7,63 V	0,00092 A	0.70196 lm (Sangat Redup)
720 Menit	7,76 V	0,00085 A	0.6596 lm (Sangat Redup)

Pada menit 0–180, tegangan stabil di 7,73–7,81 V dan arus sekitar 0,00288 A. Dari menit 240–420, arus menurun dari 0,00256 A ke 0,00147 A dengan tegangan sedikit berfluktuasi. Penurunan arus kemungkinan akibat degradasi elektrolit atau korosi. Pada menit 480–660, tegangan tetap sekitar 7,66–7,79 V, tapi arus turun hingga 0,00085 A, menandakan resistansi meningkat dan kapasitas baterai menurun, yang menyebabkan cahaya lampu redup.

Pengujian efisiensi baterai air laut sulit dilakukan karena baterai ini tidak dapat diisi ulang. Namun, efisiensi diukur melalui perhitungan kapasitas saat pertama kali terhubung ke beban hingga waktu tertentu, untuk menilai energi yang disalurkan dan daya tahan baterai dalam menyalakan lampu LED. Hasil pengujian kapasitas sebagai indikator efisiensi ditampilkan sebagai berikut:

Perhitungan kapasitas awal:

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ C &= 0,00288 \times 12 \\ &= 0,03456 \text{ Ah} \\ &= 34,56 \text{ mAh} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas akhir:

$$\begin{aligned} C &= I \times t \\ C &= 0,00085 \times 12 \\ &= 0,01020 \text{ Ah} \\ &= 10,20 \text{ mAh} \end{aligned}$$

Kapasitas yang dipakai:

$$\begin{aligned} C &= 34,56 - 10,20 \\ &= 24,36 \text{ mAh} \end{aligned}$$

Jumlah energi yang dikonsumsi berdasarkan perhitungan kapasitas sebesar 24,36 mAh.

Setelah itu dilakukan pengujian (Depth of Discharge) DoD, pengujian DOD pada baterai air laut sangat penting untuk mengetahui perilaku dan terutama masa pakai (siklus hidup) baterai air laut. Pengukuran DoD ini ditujukan pada penggunaan energi baterai berdasarkan kapasitas terpakai yang telah dihitung sebelumnya, sebagai berikut:

Menghitung DoD berdasarkan perhitungan kapasitas baterai:

$$DoD = \left(\frac{I_D \times t_D}{C} \right) \times 100 \%$$

$$DoD = \left(\frac{24,36}{34,56} \right) \times 100 \%$$

$$DoD = 70,56 \%$$

Pengujian baterai air laut yang digunakan selama 12 jam untuk menghidupkan lampu 10W memiliki DoD sebesar 70,56%.

Berdasarkan pengujian di atas, dapat dilihat penggunaan baterai air laut yang difungsikan untuk media penerangan ini cukup baik dalam memberikan energi pada lampu. Pengujian daya tahan dapat memberikan energi secara cukup stabil pada nyala lampu untuk kurun waktu yang dibutuhkan dalam media penerangan yang direncanakan yaitu sekitar 5 - 6 jam, lalu hasil pengujian daya tahan baterai menunjukkan nilai yang cukup baik walaupun nyala lampu belum sepenuhnya optimal karena adanya *drop voltage*. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk memaksimalkan potensi daya tahan baterai air laut dalam memberikan energi.

Hasil Analisa Perbandingan Beban Terhadap Baterai (LED DC 5W dan 10W)

Pengujian ini dilakukan untuk membandingkan tegangan, arus, durasi nyala, dan performa dua jenis lampu dengan beban berbeda. Tujuannya untuk menentukan lampu yang paling cocok serta melihat daya yang dihasilkan baterai pada masing-masing beban sebagai berikut:

Tabel 6. Perbandingan Beban Baterai Air Laut Untuk Lampu 5 dan 10 Watt

Beban Lampu	LED 5W		LED 10W	
	V	I	V	I
5 Menit	7,7 V	0,0018 A	7,75 V	0,0023 A
15 Menit	7,69 V	0,0017 A	7,74 V	0,002 A
25 Menit	7,68 V	0,0018 A	7,74 V	0,0019 A
40 Menit	7,68 V	0,0018 A	7,73 V	0,0019 A
60 Menit	7,69 V	0,0018 A	7,73 V	0,0018 A
90 Menit	7,69 V	0,0019 A	7,73 V	0,0017 A

Daya	
5W	10W
0,01386	0,017825
0,013073	0,01548
0,013824	0,014706
0,013824	0,014687
0,013842	0,013914
0,014611	0,013141

Hasil perbandingan menunjukkan daya keluaran baterai sangat kecil akibat drop voltage, dengan tegangan rata-rata sekitar 7,7 V. Daya rata-rata adalah 0,01384 A untuk lampu 5W dan 0,01496 A untuk lampu 10 watt, jauh lebih rendah dari kondisi ideal yang membutuhkan arus sekitar 0,42 A dan 0,83 A.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, baterai air laut berbasis Cu-Zn mampu menghasilkan energi listrik yang cukup untuk penerangan, menunjukkan potensi air laut sebagai sumber energi terbarukan ramah lingkungan. Jarak antar elektroda berpengaruh signifikan terhadap tegangan dan arus, sehingga konfigurasi elektroda penting untuk optimalkan. Baterai ini juga mampu memenuhi kebutuhan penerangan skala kecil atau darurat, sehingga layak dikembangkan sebagai solusi energi alternatif di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani. (2020). Pemanfaatan air laut sebagai sumber cadangan energi listrik. *Jurnal Vertex Elektro*, 12(2), 22–23.
- Byrne, A., Barry, S., Holmes, N., & Norton, B. (2017). Optimising the performance of cement-based batteries. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, Article ID 4724302, 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2017/4724302>
- Firkriansyah, I. (2022). Berbagai aktivitas menarik di Pantai Kedonganan Badung Bali. *Detik.com*. <https://www.detik.com/bali/wisata/d6370231/> (Diakses 25 Desember 2024)
- Hardiniko, P., Indriani, A., & Rinaldi, S. R. (2017). Pengujian energi listrik pada baterai air laut dengan variasi ukuran sel dan volume air laut. *Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro dan Komputer AMPLIFIER*, 7(1), 32–36.
- Hayadi, S., Nofrizal, Wisudo, S., Riyanto, M., & Susanto, A. (2019). Penggunaan elektroda tembaga dan seng dengan elektrolit air laut untuk sumber energi lampu LED-DIP. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*, 10, 135–147. <https://doi.org/10.24319/jtpk.10.135-147>
- Hlal, M. I., Ramachandaramurthy, V. K., Sarhan, A., Pouryekta, A., & Subramaniam, U. (2019). Optimum battery depth of discharge for off-grid solar PV/battery system. *Journal of Energy Storage*, 26, 100999. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100999>

- Hwang, S. M., Park, J.-S., Kim, Y., Go, W., Han, J., Kim, Y., & Kim, Y. (2019). [Article title not provided]. *Advanced Materials*, 31, 1804936. <https://doi.org/10.1002/adma.201804936>
- Irfan. (2022). *Peningkatan performa baterai air laut menggunakan Cu-Zn berdasarkan luas penampang elektroda* (Skripsi, Universitas Borneo Tarakan). [https://repository.ubt.ac.id/index.php?p=show_detail&id=9181&keywords =](https://repository.ubt.ac.id/index.php?p=show_detail&id=9181&keywords=)
- Keputusan Direksi PT. PLN (Persero). (2014). *Buku pedoman sistem suplai AC/DC* (SKDIR 0520-2.K/DIR/2014). Jakarta Selatan.
- Mulyadi, & Santoso, E. B. (2020). Baterai air laut sebagai sumber energi listrik untuk pemukiman pesisir dan budidaya perikanan. *Elektrika Borneo (JEB)*, 6(1), 15–19.
- Prasetia, A. M., & Irfan. (2022). Peningkatan performa baterai air laut menggunakan Cu-Zn berdasarkan luas penampang elektroda. *Elektrika Borneo (JEB)*, 8(1), 5–9.
- Yasu, R. M., & Hadi, C. F. (2021). Pengaruh tegangan terhadap besar kuat arus listrik pada persamaan hukum Ohm. *Journal Zoetrum*, 3(1), 34–36. <https://doi.org/10.36526/ztr.v3i1.1331>
- Yuhardi, Sudarti, & Rahmawati, N. (2022). Potensi sumber energi air laut di Indonesia sebagai alternatif energi listrik. *Optika: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(2), 217–226.