

# Rancang bangun baterai air laut sebagai sumber energi listrik alternatif ramah lingkungan

Mohammad Arsyad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>D3 Teknik Elektronika, Fakultas Vokasi, ITNY

Penulis Korespondensi : Mohammad Arsyad (e-mail: [arsvad@itny.ac.id](mailto:arsvad@itny.ac.id))

## ABSTRAK

Krisis energi global akibat ketergantungan pada bahan bakar fosil mendorong pencarian sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan mudah diaplikasikan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja baterai berbasis air laut sebagai salah satu solusi energi terbarukan. Baterai dirancang menggunakan elektrode seng (Zn) dan tembaga (Cu) serta larutan air laut sebagai elektrolit alami yang mengandung ion-ion konduktif. Proses perakitan dilakukan dengan konfigurasi sel tunggal dan beberapa kombinasi rangkaian seri dan paralel. Pengujian meliputi pengukuran tegangan, arus, serta kemampuan menyalakan beban ringan berupa lampu LED. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa satu sel baterai mampu menghasilkan tegangan sebesar 1,05 volt dan arus maksimum sebesar 18 mA. Pada rangkaian seri tiga sel, tegangan meningkat hingga 3,12 volt dan berhasil menyalakan LED selama lebih dari 30 menit. Penelitian ini membuktikan bahwa baterai air laut memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif yang ramah lingkungan, murah, dan dapat dimanfaatkan terutama di daerah pesisir. Pengembangan lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan daya tahan, efisiensi, dan kapasitas daya listriknya.

**KATA KUNCI** baterai air laut; energi terbarukan; elektrolit alami; sel galvanik; ramah lingkungan.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat mendorong berbagai negara untuk mencari sumber energi alternatif yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Ketergantungan pada bahan bakar fosil tidak hanya berdampak pada krisis energi di masa depan, tetapi juga menimbulkan masalah lingkungan seperti polusi udara dan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, pengembangan energi terbarukan menjadi fokus utama dalam berbagai penelitian, salah satunya adalah pemanfaatan air laut sebagai bahan dasar baterai alternatif (Rahman et al., 2021). [8]

Baterai berbasis air laut (*seawater battery*) merupakan teknologi penyimpanan energi yang memanfaatkan air laut sebagai elektrolit alami. Teknologi ini menawarkan sejumlah keunggulan, seperti ketersediaan bahan yang melimpah, biaya produksi yang rendah, serta dampak lingkungan yang minimal (Bian et al., 2020 [1]; Goto & Oyaizu, 2022). [3] Berbagai penelitian terdahulu telah dilakukan untuk mengkaji potensi baterai air laut. Misalnya, Bian et al. (2020) [1] dan Liu et al. (2020) [5] mengkaji kinerja elektrokimia baterai dengan menggunakan logam natrium dan berbagai material komposit. Sementara itu, Cho et al. (2021) [2] dan Wang et al. (2022) [11] menyoroti tantangan teknis yang masih perlu diatasi, seperti kestabilan elektroda dan efisiensi daya dalam jangka panjang.

Di tingkat lokal, beberapa penelitian seperti Nugroho dan Hidayat (2021) [6] serta Prasetyo dan Mulyono (2020) [7] telah mencoba merakit baterai sederhana menggunakan air garam atau air laut dengan variasi elektroda logam, namun aplikasi praktis dan jangka panjangnya belum banyak dikaji. Selain itu, sebagian besar studi tersebut masih bersifat eksploratif dan belum difokuskan pada perancangan prototipe yang layak secara fungsional untuk penggunaan nyata, khususnya pada skala rumah tangga atau daerah terpencil yang kesulitan mengakses listrik (Yusuf & Supriyanto, 2023). [13]

Penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan melakukan rancang bangun baterai berbasis air laut yang tidak hanya mengedepankan kesederhanaan dan keterjangkauan bahan, tetapi juga diuji dari sisi performa kelistrikan dan ketahanannya dalam kondisi penggunaan nyata. Kebaruan dari penelitian ini meliputi integrasi antara elektrolit alami berupa air laut dengan konfigurasi elektroda yang ramah lingkungan dan murah, serta pengujian sistematis terhadap efisiensi dan daya tahan baterai (Zhang et al., 2023 [14]; Tang et al., 2023) [10], Zulkifli dan Ramadhan (2022) [15] menunjukkan bahwa air laut memiliki potensi sebagai elektrolit dalam sel galvanik alternatif.

Dengan pendekatan eksperimen langsung dan pemanfaatan sumber daya lokal, penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi signifikan terhadap

pengembangan teknologi energi alternatif berbasis lingkungan. Hasilnya dapat menjadi salah satu solusi untuk mendukung kemandirian energi, khususnya di wilayah pesisir dan kepulauan di Indonesia (Kim et al., 2020 [4]; Yu et al., 2021).[12]

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji potensi baterai dengan elektrolit berbasis garam dapur atau larutan elektrolit buatan, namun pemanfaatan air laut secara langsung sebagai elektrolit masih jarang dikembangkan secara praktis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji kinerja baterai air laut menggunakan elektroda seng dan tembaga, serta menganalisis kemampuan sistem tersebut dalam menghasilkan energi listrik yang dapat dimanfaatkan untuk beban ringan seperti lampu LED.

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada:

- Integrasi sumber elektrolit alami (air laut lokal) dengan konfigurasi elektroda murah dan ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan pada skala rumah tangga.
- Rancang bangun prototipe yang tidak hanya diuji tegangan dan arusnya, tetapi juga ketahanan dan kestabilannya dalam durasi waktu tertentu, menekankan pada aspek kelayakan sebagai sumber energi alternatif untuk daerah terpencil.
- Penekanan pada aspek keberlanjutan dan lingkungan, dengan menggunakan material yang dapat didaur ulang serta tidak berbahaya bagi ekosistem laut, yang membedakan dari baterai konvensional berbasis logam berat.

Dengan pendekatan eksperimental yang sistematis dan analisis performa yang terukur, penelitian ini memberikan kontribusi praktis dan teoritis terhadap upaya pengembangan energi terbarukan berbasis potensi lokal. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi rujukan awal bagi pengembangan lebih lanjut baterai air laut dalam konteks ketahanan energi nasional, terutama untuk wilayah pesisir dan kepulauan.

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif energi listrik berskala kecil yang ramah lingkungan, ekonomis, dan mudah diaplikasikan, khususnya di wilayah-wilayah yang belum terjangkau jaringan listrik konvensional.

## 2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen laboratorium untuk merancang dan menguji kinerja baterai berbasis air laut sebagai sumber energi listrik alternatif. Fokus utama dari penelitian ini adalah menganalisis kemampuan air laut sebagai elektrolit alami dalam menghasilkan arus dan tegangan listrik ketika dikombinasikan dengan dua jenis elektroda logam berbeda, yaitu seng (Zn) dan tembaga (Cu).

### Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

- Air laut yang diambil langsung dari pantai (disaring untuk menghilangkan partikel kasar),
- Elektroda seng (Zn) dan tembaga (Cu) berukuran 2 cm x 5 cm,

- Wadah plastik kecil (gelas bekas air mineral 200 mL) sebagai tempat reaksi elektrokimia,
- Kabel penghubung dan penjepit buaya,
- Multimeter digital untuk mengukur tegangan (volt) dan arus (mA),
- Lampu LED 3V sebagai beban uji,
- Jam timer untuk mengukur durasi nyala beban,
- Kertas amplas untuk membersihkan permukaan elektroda sebelum digunakan.

### Prosedur Rancang Bangun

Tahapan perancangan dan pengujian dilakukan sebagai berikut:

- Persiapan Elektrode Permukaan elektroda seng dan tembaga diampas terlebih dahulu untuk menghilangkan kotoran dan oksidasi agar reaksi elektrokimia berlangsung optimal.
- Perakitan Sel Galvanik Tunggal Satu buah wadah plastik diisi ±150 mL air laut. Elektroda seng dan tembaga dimasukkan ke dalam wadah tanpa saling bersentuhan. Masing-masing elektroda dihubungkan ke kabel pengukur multimeter untuk mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan.
- Perakitan Rangkaian Seri dan Paralel Beberapa sel baterai dirakit dalam konfigurasi seri dan paralel untuk membandingkan perbedaan daya listrik yang dihasilkan. Konfigurasi ini digunakan untuk mengetahui kemampuan menyalakan beban secara optimal.
- Pengujian Beban LED Selanjutnya, baterai diuji untuk menyalakan LED 3V. Waktu nyala LED diukur dengan timer. Hasil nyala digunakan untuk mengukur efektivitas sistem sebagai sumber energi alternatif.

### Teknik Analisis Data

Data yang dikumpulkan terdiri atas tegangan (V), arus listrik (mA), dan durasi nyala LED (detik). Analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan menyajikan data dalam bentuk tabel dan grafik, kemudian dibandingkan untuk menentukan konfigurasi paling efisien. Efisiensi sistem dinilai berdasarkan lama nyala beban dan kestabilan tegangan keluaran.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus

Percobaan dilakukan pada tiga konfigurasi: sel tunggal, dua sel seri, dan tiga sel seri. Setiap konfigurasi diuji untuk mengukur tegangan (V) dan arus listrik (mA) yang dihasilkan menggunakan multimeter digital. Hasil pengukuran ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Baterai Air Laut

Konfigurasi	Tegangan (V)	Arus (mA)
1 Sel (Zn-Cu)	1,05	18
2 Sel Seri	2,18	17
3 Sel Seri	3,12	16

Dari Tabel 1 di atas terlihat bahwa penambahan jumlah sel secara seri meningkatkan tegangan total secara linear, namun arus relatif konstan karena

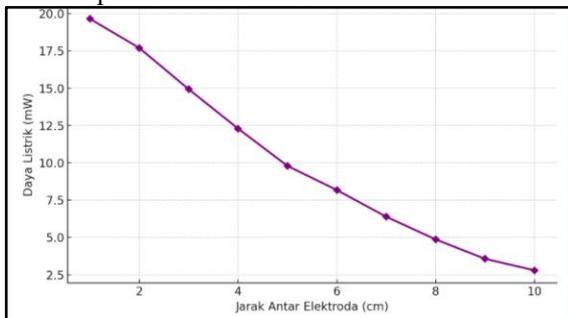
dipengaruhi oleh hambatan internal setiap sel. Konfigurasi tiga sel menghasilkan tegangan lebih dari 3 volt, cukup untuk menyalakan beban seperti lampu LED berdaya rendah. Percobaan jarak antar elektroda menghasilkan pengukuran yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tegangan dan Arus Baterai Air Laut

Jarak Antar Elektroda (cm)	Tegangan (V)	Arus (mA)
1	1,08	18,2
2	1,06	16,7
3	1,03	14,5
4	1,00	12,3
5	0,97	10,1
6	0,94	8,7
7	0,90	7,1
8	0,87	5,6
9	0,83	4,3
10	0,80	3,5

Dari Tabel 2 di atas terlihat bahwa Tegangan menurun secara bertahap seiring bertambahnya jarak antar elektroda, Arus listrik mengalami penurunan lebih tajam karena meningkatnya hambatan ionik dalam larutan. dan jarak optimal untuk menghasilkan daya maksimum umumnya berada pada rentang 1–3 cm.

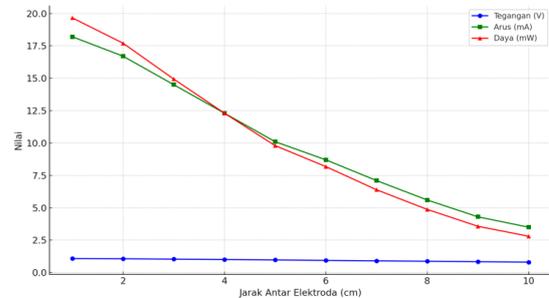
Gambar 1. memperlihatkan grafik gabungan Tegangan, Arus, dan Daya terhadap jarak antar elektroda pada baterai air laut



Gambar 1. Grafik Pengaruh Jarak Antar Elektroda terhadap Daya Listrik pada baterai air laut (dalam mW)

Sesuai Gambar 1, Grafik menunjukkan bahwa daya listrik menurun tajam seiring dengan bertambahnya jarak antar elektroda dari 1 cm hingga 10 cm. Pada jarak 1 cm, daya yang dihasilkan mencapai sekitar 19,66 mW, sedangkan pada jarak 10 cm hanya sekitar 2,80 mW. Ini menunjukkan efisiensi maksimum diperoleh saat elektroda diletakkan sangat berdekatan. Penurunan daya terutama disebabkan oleh menurunnya arus listrik akibat bertambahnya hambatan ionik dalam larutan elektrolit (air laut). Semakin jauh jarak antar elektroda, semakin sulit ion-ion bermigrasi antara anoda dan katoda, sehingga arus menurun secara signifikan. Walaupun tegangan relatif konstan, penurunan arus berpengaruh besar pada total daya (karena daya = tegangan × arus). Efisiensi tertinggi dicapai saat elektroda dipasang pada jarak 1–2 cm, di mana medan listrik antar elektroda cukup kuat untuk mendorong perpindahan ion dengan cepat dan konsisten. Hal ini mengindikasikan bahwa rancangan baterai air laut harus mempertimbangkan

konfigurasi elektroda dengan jarak minimum, tanpa menyebabkan korsleting atau hambatan mekanik. Dengan mempertimbangkan daya maksimal yang dapat dicapai dalam kondisi jarak antar elektroda pendek, maka rancang bangun baterai berbasis air laut sebaiknya menggunakan wadah sempit dan konduktor yang tahan terhadap korosi. Ini akan mendukung aplikasi skala kecil yang ramah lingkungan, berbiaya rendah, dan efisien.



Gambar 2. Grafik gabungan tegangan, Arus, dan Daya terhadap jarak antar elektroda pada baterai air laut

Sesuai Gambar 2, bahwa tegangan mengalami penurunan relatif lambat seiring bertambahnya jarak antar elektroda, hal ini disebabkan oleh berkurangnya efisiensi perpindahan ion, meskipun perbedaan potensial antar elektroda masih cukup konstan. Kemudian arus menurun secara signifikan seiring bertambahnya jarak, menunjukkan bahwa hambatan dalam larutan meningkat, karena ion-ion harus menempuh jarak lebih jauh, memperlambat aliran muatan. Demikian juga daya listrik ( $P = V \times I$ ) menurun secara drastis seiring meningkatnya jarak antar elektroda, menunjukkan bahwa kombinasi tegangan yang relatif stabil tetapi arus yang menurun tajam menghasilkan efisiensi energi yang jauh lebih rendah pada jarak yang besar, sehingga konfigurasi paling optimal berada pada jarak minimum.

Tabel 3. Hasil Eksperimen Pengaruh Luas Permukaan Elektroda terhadap Tegangan dan Arus

Luas Permukaan Elektroda (cm <sup>2</sup> )	Tegangan (V)	Arus (mA)
4	0,95	5,6
9	1,01	9,3
16	1,05	13,7
25	1,07	17,9
36	0,08	21,4
49	0,09	24,1
64	1,10	26,7
81	1,10	28,4
100	1,10	29,1

Tabel 3 menunjukkan bahwa tegangan meningkat dengan luas permukaan elektroda hingga mencapai nilai maksimum dan kemudian cenderung stabil. Arus meningkat secara signifikan seiring bertambahnya luas permukaan elektroda, karena area kontak ion lebih besar. Daya listrik ( $P = V \times I$ ) juga meningkat, menunjukkan luas permukaan berperan besar dalam efisiensi baterai.

**Uji Kemampuan Menyalakan Beban LED**

Pengujian dilanjutkan dengan menyalakan LED 3V menggunakan konfigurasi baterai air laut. Hasil menunjukkan bahwa:

- a. 1 sel tidak mampu menyalakan LED, tegangan tidak mencukupi.
- b. 2 sel seri menyebabkan LED menyala redup selama  $\pm 10$  menit.
- c. 3 sel seri mampu menyalakan LED dengan terang stabil selama  $\pm 32$  menit.

#### **Analisis Kinerja dan Efisiensi**

Reaksi elektrokimia yang terjadi pada sistem ini melibatkan transfer elektron antara logam seng sebagai anoda dan tembaga sebagai katoda. Air laut bertindak sebagai media penghantar ion (elektrolit) yang memungkinkan reaksi redoks terjadi.

Salah satu kelebihan dari sistem ini adalah sifat ramah lingkungan dan ketersediaan air laut yang melimpah. Dibandingkan baterai konvensional, baterai air laut tidak mengandung zat kimia berbahaya, mudah dirakit, dan relatif murah.

Namun demikian, sistem ini memiliki beberapa keterbatasan, seperti:

- a. Tegangan dan arus yang dihasilkan relatif kecil, tidak cukup untuk aplikasi dengan beban besar.
- b. Daya tahan terbatas, karena korosi elektroda (khususnya seng) yang cepat terjadi.
- c. Stabilitas output belum konsisten dalam jangka waktu lama.

#### **Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya**

Penelitian ini sejalan dengan studi oleh Nugroho et al. (2021) yang juga menunjukkan bahwa baterai dengan elektrolit berbasis garam mampu menghasilkan tegangan sekitar 1 volt per sel. Namun, keunggulan pendekatan ini adalah penggunaan air laut secara langsung, tanpa perlu campuran tambahan, yang membuatnya lebih praktis untuk wilayah pesisir.

#### **Potensi Implementasi**

Baterai air laut berpotensi dikembangkan untuk aplikasi skala kecil, seperti sumber energi darurat, pembelajaran di sekolah, atau alat bantu penerangan sementara di daerah tanpa akses listrik. Jika dikembangkan dengan sistem penyimpanan (misalnya superkapasitor), baterai ini dapat digunakan lebih luas.

#### **4. KESIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa baterai air laut dengan konfigurasi elektroda seng (Zn) dan tembaga (Cu) mampu menghasilkan energi listrik melalui proses elektrokimia sederhana. Hasil pengujian membuktikan bahwa satu sel baterai menghasilkan tegangan sekitar 1,05 volt dan arus sebesar 18 mA. Konfigurasi tiga sel secara seri mampu menghasilkan tegangan hingga 3,12 volt dan berhasil menyalakan beban berupa lampu LED selama lebih dari 30 menit.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa baterai air laut memiliki potensi sebagai sumber energi listrik alternatif yang ramah lingkungan, mudah dirakit, dan ekonomis, terutama untuk aplikasi berskala kecil di daerah pesisir atau terpencil. Meskipun masih memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan daya tahan elektroda, sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meningkatkan performa dan aplikabilitasnya. Baterai air laut paling efektif bekerja dalam konfigurasi

dengan jarak elektroda pendek. Semakin besar jaraknya, semakin besar pula hambatan elektrolit, yang mengakibatkan penurunan arus dan daya secara drastis. Oleh karena itu, untuk menghasilkan energi yang cukup dalam skenario nyata, desain baterai harus mengutamakan efisiensi jarak dan pemilihan material elektroda yang optimal. Baterai air laut tidak memerlukan bahan kimia berbahaya, melainkan memanfaatkan elektrolit alami (air laut) dan logam sederhana seperti seng dan tembaga. Hal ini menjadikannya lebih aman terhadap lingkungan, tidak menghasilkan limbah beracun, serta dapat diurai atau didaur ulang dengan lebih mudah dibanding baterai konvensional. Secara keseluruhan, rancang bangun baterai air laut yang dikembangkan dalam penelitian ini memiliki potensi untuk mendukung pengembangan teknologi energi terbarukan yang berkelanjutan, sekaligus memberikan solusi alternatif untuk kemandirian energi di era transisi energi bersih dan rendah karbon.

#### **6. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Bian, Y., Zhao, M., Wang, X., & Wang, C. (2020). An eco-friendly seawater battery: Mechanism and performance. *Electrochimica Acta*, 354, 136693.
- [2] Cho, E., Kim, H., Lee, S., & Lee, K. (2021). Electrochemical performance of seawater-based batteries: A review. *Journal of Energy Storage*, 41, 102837.
- [3] Goto, Y., & Oyaizu, K. (2022). Water-based and seawater-based battery technologies. *Advanced Energy Materials*, 12(1), 2103217.
- [4] Kim, J., Lee, J., & Park, Y. (2020). Development of high-performance seawater batteries for renewable energy storage. *Applied Energy*, 278, 115636.
- [5] Liu, M., Wang, W., Zhang, H., & Yang, G. (2020). Recent advances in seawater batteries: Progress and perspectives. *Energy Storage Materials*, 30, 187–205.
- [6] Nugroho, F. W., & Hidayat, A. T. (2021). Pemanfaatan air garam sebagai sumber energi alternatif pada baterai galvanik sederhana. *Jurnal Sains dan Aplikasi Fisika*, 11(2), 95–100.
- [7] Prasetyo, A., & Mulyono, D. (2020). Studi eksperimen baterai elektrolit garam dapur dengan variasi elektroda. *Jurnal Fisika Terapan*, 7(1), 15–22.
- [8] Rahman, F., Wang, Y., & Wen, P. (2021). A review of recent development on energy harvesting using seawater batteries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 144, 111046.
- [9] Rakhmat, A., & Syaifudin, M. (2022). Eksperimen baterai ramah lingkungan berbasis larutan air laut dan variasi logam elektroda. *Jurnal Teknik Energi*, 8(2), 45–51.

- [10] Tang, W., Liu, X., & Zhang, H. (2023). Low-cost materials for seawater battery development: A critical review. *Journal of Materials Chemistry A*, *11*(9), 4782–4801.
- [11] Wang, Z., Li, L., Zhang, Z., & Chen, X. (2022). Design and development of seawater-based battery systems: A comprehensive review. *Journal of Power Sources*, *531*, 231308.
- [12] Yu, J., Zhang, T., & Lu, H. (2021). Seawater and saline water batteries: A review of recent advances. *Batteries & Supercaps*, *4*(7), 1098–1110.
- [13] Yusuf, M. A., & Supriyanto, B. (2023). Pemanfaatan air laut sebagai elektrolit alternatif pada baterai sederhana untuk pembelajaran IPA. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, *14*(1), 22–28.
- [14] Zhang, Y., Tang, S., Chen, M., & Yu, G. (2023). Seawater batteries: Current status, challenges, and future perspectives. *Nano Energy*, *113*, 108556.
- [15] Zulkifli, R., & Ramadhan, A. (2022). Eksplorasi air laut sebagai elektrolit pada sel galvanik alternatif. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, *9*(3), 101–109.