

STUDI LITERATUR: SISTEM INSTRUMENTASI BATERAI AIR LAUT BERBASIS MIKROKONTROLER

Hardi Hamzah^{1*}, Teoknum Pusop², Velka Yacob Erastus Taboka³, George Anthony Numberi⁴,
Benny Abraham Bungasalu⁵, Daniel Napitupulu⁶, Martina Bunga⁷

^{1,5,7}Program Studi Fisika, Universitas Cenderawasih, Indonesia

²Program Studi Teknik Sistem Energi, Universitas Internasional Papua, Indonesia

^{3,4}Program Studi Teknik Fisika, Universitas Internasional Papua, Indonesia

⁶Program Studi Geofisika, Universitas Cenderawasih, Indonesia

Email: hardi@fmipa.uncen.ac.id

Abstrak

Baterai air laut muncul sebagai teknologi penyimpanan energi yang menjanjikan, terutama untuk aplikasi kelautan. Artikel ini mengkaji sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler untuk baterai air laut, dengan fokus pada perkembangan terkini, tantangan, dan arah masa depan. Melalui tinjauan literatur komprehensif, penelitian ini mengidentifikasi kemajuan dalam desain sistem, integrasi sensor, dan algoritma pemantauan. Hasil menunjukkan bahwa sistem berbasis mikrokontroler menawarkan solusi yang efektif untuk pemantauan dan kontrol baterai air laut secara real-time, meskipun masih menghadapi tantangan dalam hal akurasi pengukuran dan ketahanan terhadap lingkungan laut. Kesimpulannya, pengembangan lebih lanjut dalam teknologi sensor dan algoritma pemrosesan data diperlukan untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem instrumentasi baterai air laut.

Kata Kunci: Instrumentasi, Baterai, Air Laut, Mikrokontroler

STUDY LITERATURE: MICROCONTROLLER BASED SEAWATER BATTERY INSTRUMENTATION SYSTEM

Abstract

Seawater batteries are emerging as a promising energy storage technology, especially for marine applications. This article reviews microcontroller-based instrumentation systems for seawater batteries, with a focus on recent developments, challenges, and future directions. Through a comprehensive literature review, this research identifies advances in system design, sensor integration, and monitoring algorithms. The results show that microcontroller-based systems offer an effective solution for real-time monitoring and control of seawater batteries, although they still face challenges in terms of measurement accuracy and robustness to the marine environment. In conclusion, further developments in sensor technology and data processing algorithms are needed to improve the performance and reliability of seawater battery instrumentation systems.

Keywords: Instrumentation, Battery, Sea water, Microcontroller

PENDAHULUAN

Baterai air laut telah menarik perhatian sebagai alternatif yang menjanjikan untuk penyimpanan energi, terutama dalam aplikasi kelautan. Teknologi ini memanfaatkan air laut sebagai elektrolit, menawarkan keuntungan dalam hal ketersediaan bahan baku yang melimpah dan potensi biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan teknologi baterai konvensional[1]. Seiring dengan perkembangan

teknologi baterai air laut, kebutuhan akan sistem instrumentasi yang canggih untuk memantau dan mengontrol kinerja baterai menjadi semakin penting. Perkembangan terbaru dalam sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler telah membuka peluang baru untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan teknologi ini. Integrasi sensor canggih, algoritma pemrosesan data real-time, dan kemampuan komunikasi nirkabel telah

memungkinkan pemantauan yang lebih akurat dan responsif terhadap kondisi baterai [2].

Selain itu, pendekatan baru seperti penggunaan elektrolit berbasis NASICON (Sodium Super Ionic Conductor) telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan selektivitas ion dan kinerja baterai secara keseluruhan [3]. sejumlah penelitian terdahulu dari jurnal bereputasi telah memberikan kontribusi signifikan. meletakkan dasar penting dengan menjelaskan penggunaan keramik konduktor ion Na sebagai elektrolit padat untuk baterai air laut yang dapat diisi ulang [4], sementara menyajikan tinjauan komprehensif tentang perkembangan baterai air laut dari penelitian fundamental hingga aplikasi praktis [5]. penggunaan mikrokontroler untuk sistem pemantauan baterai, yang relevan untuk pengembangan sistem instrumentasi baterai air laut [6] [7]. Penelitian terbaru seperti sistem elektrokimia berbasis NASICON untuk memanfaatkan air laut, sementara studi lain mengeksplorasi integrasi dengan energi terbarukan dan aplikasi ganda seperti desalinasi air laut [8].

Pengembangan sistem pemantauan baterai berbasis web yang hemat biaya dan dapat diakses dari jarak jauh juga telah diteliti, menunjukkan relevansi untuk aplikasi di lingkungan terpencil [9]. Selain itu, penelitian tentang pemanenan energi piezoelektrik [10] dan baterai post-lithium-ion memberikan wawasan tambahan tentang potensi integrasi teknologi dan prospek masa depan baterai air laut [8][11]. Sejalan dengan penelitian tersebut juga telah dikembangkan lampu air laut dengan menggunakan elektroda Zn dan Cu [12].

Kolektif, penelitian-penelitian ini membentuk landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler.

Tujuan dari artikel ini adalah untuk memberikan tinjauan komprehensif mengenai perkembangan terkini dalam sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler, dengan fokus pada tiga aspek utama. Pertama, artikel ini bertujuan mengkaji kemajuan terbaru dalam teknologi dan desain sistem instrumentasi, termasuk integrasi sensor canggih dan algoritma pemrosesan data real-time. Kedua, artikel ini bertujuan mengidentifikasi tantangan-tantangan kritis yang dihadapi dalam implementasi sistem ini,

seperti masalah korosi dan efisiensi energi, serta mengeksplorasi solusi-solusi potensial yang sedang dikembangkan untuk mengatasi tantangan tersebut. Terakhir, artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi arah masa depan penelitian dan pengembangan dalam bidang ini, dengan penekanan khusus pada upaya-upaya untuk meningkatkan akurasi pengukuran, keandalan sistem dalam lingkungan laut yang keras, dan skalabilitas untuk aplikasi skala besar, sehingga memberikan pandangan holistik tentang potensi dan prospek teknologi ini dalam konteks penyimpanan energi berkelanjutan dan aplikasi kelautan.

METODE PENELITIAN

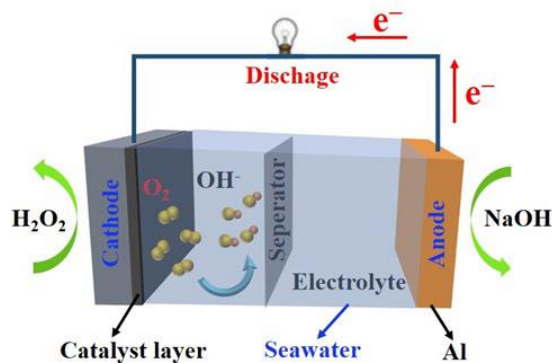
Penelitian ini mengadopsi metode tinjauan literatur sistematis untuk mengumpulkan dan menganalisis informasi terkini mengenai sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler. Proses tinjauan meliputi empat tahap utama:

1. Identifikasi sumber dilakukan melalui pencarian ekstensif pada database akademik terkemuka seperti Scopus, Web of Science, dan IEEE Xplore untuk menemukan artikel-artikel relevan dari jurnal internasional bereputasi.
2. Penerapan kriteria seleksi yang ketat, membatasi artikel pada publikasi dalam lima tahun terakhir dan berfokus pada studi tentang sistem instrumentasi baterai air laut, penggunaan mikrokontroler dalam pemantauan baterai, serta inovasi teknologi sensor untuk aplikasi kelautan
3. Analisis data secara kritis dilakukan terhadap artikel-artikel terpilih untuk mengidentifikasi tren utama, tantangan, dan arah penelitian masa depan dalam bidang ini.
4. Sintesis temuan dari berbagai sumber dilakukan untuk menyajikan gambaran komprehensif tentang state-of-the-art sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler

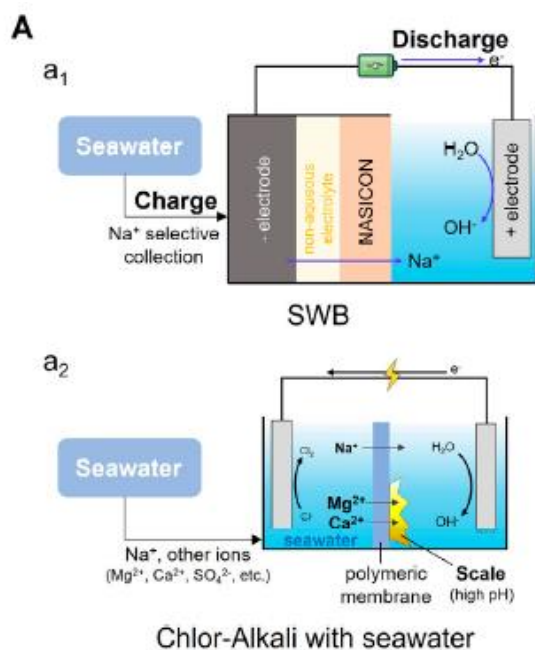
Pendekatan metodologis ini memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap perkembangan terkini, identifikasi kesenjangan dalam pengetahuan yang ada, serta penentuan arah potensial untuk penelitian lebih lanjut, sehingga memberikan landasan yang kuat untuk pemahaman dan pengembangan teknologi ini di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil tinjauan literatur mengungkapkan beberapa temuan kunci dalam pengembangan sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler:



Gambar 1. Sistem Lampu Air Laut H_2O_2 - NaOH [5]



Gambar 2. Sistem Lampu Air Laut [3]

1. **Arsitektur Sistem:** Sistem instrumentasi modern untuk baterai air laut umumnya terdiri dari tiga komponen utama: sensor, unit pemrosesan (mikrokontroler), dan antarmuka komunikasi. Mikrokontroler seperti Arduino Uno telah banyak digunakan karena fleksibilitas dan kemudahan programnya [2].
2. **Teknologi Sensor:** Kemajuan dalam teknologi sensor telah memungkinkan

pemantauan yang lebih akurat terhadap parameter kunci baterai air laut, termasuk voltase, arus, suhu, dan konsentrasi ion. Sensor seperti ACS712 untuk deteksi arus telah menunjukkan kinerja yang baik dalam aplikasi pemantauan baterai [2].

3. **Algoritma Pemrosesan Data:** Implementasi algoritma pemrosesan data canggih pada mikrokontroler telah meningkatkan akurasi estimasi state of charge (SOC) dan state of health (SOH) baterai. Metode regresi linear, misalnya, telah digunakan untuk memprediksi kinerja baterai berdasarkan data historis [2].
4. **Integrasi dengan Energi Terbarukan:** Terdapat tren peningkatan integrasi sistem baterai air laut dengan sumber energi terbarukan, seperti energi surya dan angin. Sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler memainkan peran kunci dalam mengoptimalkan penggunaan energi dan manajemen penyimpanan [13].
5. **Desalinasi Simultan:** Pengembangan baterai desalinasi yang dapat menyimpan energi dan mendesalinasi air secara bersamaan telah muncul sebagai inovasi penting. Sistem instrumentasi untuk aplikasi ini memerlukan kemampuan pemantauan dan kontrol yang lebih kompleks [14].
6. **Tantangan Lingkungan:** Hasil penelitian menunjukkan bahwa korosi dan degradasi material masih menjadi tantangan utama dalam pengembangan sistem instrumentasi untuk baterai air laut. Upaya penelitian sedang difokuskan pada pengembangan material tahan korosi dan desain sistem yang lebih tahan terhadap lingkungan laut [15].
7. **Komunikasi Nirkabel:** Implementasi teknologi komunikasi nirkabel dalam sistem instrumentasi telah meningkatkan kemampuan pemantauan jarak jauh dan integrasi dengan sistem manajemen energi yang lebih luas [15].

Temuan-temuan ini menggambarkan kemajuan signifikan dalam pengembangan sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler, sekaligus mengidentifikasi area-area yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem.

Hasil tinjauan literatur menunjukkan bahwa sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler telah mengalami perkembangan signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Namun, beberapa tantangan dan peluang untuk pengembangan lebih lanjut masih perlu diperhatikan:

1. Akurasi dan Keandalan: Meskipun penggunaan sensor canggih dan algoritma pemrosesan data telah meningkatkan akurasi pengukuran, masih ada ruang untuk perbaikan, terutama dalam kondisi lingkungan yang ekstrem. Pengembangan sensor yang lebih tahan terhadap korosi dan fluktuasi suhu ekstrem menjadi prioritas untuk meningkatkan keandalan sistem [15].
2. Integrasi dengan Sistem Energi Terbarukan: Tren integrasi baterai air laut dengan sumber energi terbarukan membuka peluang baru untuk sistem penyimpanan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Sistem instrumentasi berbasis mikrokontroler memainkan peran kunci dalam mengoptimalkan penggunaan energi dan manajemen penyimpanan. Namun, kompleksitas sistem yang meningkat memerlukan pengembangan algoritma kontrol yang lebih canggih [16].
3. Tantangan Skalabilitas: Sementara sistem berbasis mikrokontroler telah terbukti efektif untuk aplikasi skala kecil hingga menengah, skalabilitas untuk aplikasi industri besar masih menjadi tantangan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan arsitektur sistem yang dapat menangani volume data yang lebih besar dan kompleksitas operasional yang meningkat [15].
4. Keamanan Data: Dengan meningkatnya konektivitas dan penggunaan komunikasi nirkabel dalam sistem instrumentasi, keamanan data menjadi perhatian utama. Pengembangan protokol keamanan yang kuat untuk melindungi data sensitif dan mencegah akses tidak sah menjadi semakin penting [15].
5. Optimalisasi Konsumsi Daya: Efisiensi energi sistem instrumentasi itu sendiri menjadi pertimbangan penting, terutama untuk aplikasi jarak jauh atau bawah laut. Pengembangan teknik manajemen daya yang lebih efisien dan penggunaan komponen hemat energi dapat

meningkatkan kelangsungan hidup sistem secara keseluruhan [17-18].

6. Standarisasi: Kurangnya standarisasi dalam desain dan protokol komunikasi sistem instrumentasi baterai air laut dapat menghambat adopsi teknologi ini secara luas. Upaya untuk mengembangkan standar industri dapat memfasilitasi interoperabilitas dan mempercepat pengembangan teknologi [19].
7. Aplikasi Dual-Use: Pengembangan baterai desalinasi yang dapat menyimpan energi dan mendesalinasi air secara bersamaan membuka peluang baru untuk aplikasi di daerah dengan sumber daya air tawar terbatas. Sistem instrumentasi untuk aplikasi ini memerlukan kemampuan pemantauan dan kontrol yang lebih kompleks, menawarkan area menarik untuk penelitian lebih lanjut [14].

Pembahasan ini menunjukkan bahwa meskipun telah ada kemajuan signifikan dalam pengembangan sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler, masih ada ruang yang luas untuk inovasi dan perbaikan [20]. Fokus pada peningkatan akurasi, keandalan, skalabilitas, dan integrasi dengan teknologi energi terbarukan akan menjadi kunci dalam memajukan teknologi ini lebih lanjut [21-23].

KESIMPULAN

Sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler telah menunjukkan perkembangan yang signifikan, menawarkan solusi yang menjanjikan untuk pemantauan dan kontrol efektif dalam teknologi penyimpanan energi berkelanjutan. Tinjauan literatur ini mengungkapkan beberapa kesimpulan kunci:

1. Kemajuan dalam teknologi sensor dan algoritma pemrosesan data telah meningkatkan akurasi dan keandalan sistem instrumentasi, meskipun tantangan terkait lingkungan laut yang korosif masih perlu diatasi.
2. Integrasi dengan sumber energi terbarukan dan pengembangan aplikasi dual-use seperti baterai desalinasi membuka peluang baru untuk pemanfaatan teknologi ini secara lebih luas.
3. Skalabilitas dan optimalisasi konsumsi daya menjadi area fokus penting untuk pengembangan masa depan, terutama untuk aplikasi skala besar dan jarak jauh.

4. Keamanan data dan standarisasi muncul sebagai isu penting yang perlu ditangani untuk mendukung adopsi teknologi secara luas.
5. Penelitian lebih lanjut diperlukan dalam pengembangan material tahan korosi, peningkatan efisiensi energi sistem, dan integrasi dengan teknologi komunikasi canggih untuk meningkatkan kinerja keseluruhan sistem instrumentasi baterai air laut.

Kesimpulannya, meskipun tantangan teknis masih ada, sistem instrumentasi baterai air laut berbasis mikrokontroler menunjukkan potensi besar untuk mendukung transisi menuju solusi penyimpanan energi yang lebih berkelanjutan dan efisien. Pengembangan lebih lanjut dalam bidang ini diharapkan dapat membuka jalan bagi inovasi yang signifikan dalam teknologi penyimpanan energi dan aplikasi kelautan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Chen, J., Sun, L., Wang, K., & Zhang, Y. (2024). Research and applications of rechargeable seawater battery. *Journal of Energy Storage*, 76, 109659. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109659>
- [2] Rohman, Muhammad & Prabowo, Sidik & Nuha, Hilal. (2022). Car Battery Power Monitoring and Prediction System Using Microcontroller Based Linear Regression Method. *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*. 6. 802. 10.30865/mib.v6i2.3581.
- [3] Kim, N., Kim, S., Jeong, S., Jin, H., Lee, H., Kim, Y., ... & Park, J. S. (2023). Seawater to resource technologies with NASICON solid electrolyte: a review. *Frontiers in Batteries and Electrochemistry*, 2, 1301806. <https://doi.org/10.3389/fbael.2023.1301806>
- [4] Kim, Y., Kim, H., Park, S., Seo, I., & Kim, Y. (2016). Na ion-conducting ceramic as solid electrolyte for rechargeable seawater batteries. *Electrochimica Acta*, 191, 1-7.
- [5] Chen, J., Xu, W., Wang, X., Yang, S., & Xiong, C. (2023). Progress and applications of seawater-activated batteries. *Sustainability*, 15(2), 1635. <https://doi.org/10.3390/su15021635>
- [6] Rinanto, N., Sutrisno, I., Rahmat, M. B., Hasin, M. K., Subiyanto, L., Mudjiono, U., ... & Rusman, R. (2024, October). Menjelajahi Kedalaman Teknologi: Mengungkap Keajaiban Robotika Bawah Air dengan ROV untuk Siswa MAN 2 Madiun. In *Seminar MASTER PPNS* (Vol. 9, No. 1, pp. 1-11).
- [7] Putra, I. M., & Sujadi, H. (2022, April). Rancang Bangun Alat Perangkap Hama pada Tanaman Cabai (*Capsicum Annuum* L) menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno dan Sensor PIR berbasis Android. In *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro, Sistem Informasi, dan Teknik Informatika (SNESTIK)* (Vol. 1, No. 1, pp. 141-147).
- [8] Setiyo, M., & Rochman, M. L. (2023). Literature review: An effective method for identifying science and technology updates. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 3(3), 114-118.
- [9] Mowaviq, M. I., Junaidi, A., & Purwanto, S. (2018). Lantai permanen energi listrik menggunakan piezoelektrik. *Energi & Kelistrikan*, 10(2), 112-118.
- [10] Rizaldy, W., Sjarief, E., Ricardianto, P., & Rifni, M. (2018). Handling Lithium battery as passenger or crew baggage. *Advances in Transportation and Logistics Research*, 1, 1368-1381.
- [11] Chen, J., Xu, W., Wang, X., Yang, S., & Xiong, C. (2023). Progress and applications of seawater-activated batteries. *Sustainability*, 15(2), 1635. <https://doi.org/10.3390/su15021635>
- [12] Kadir, M. R., Arsyad, N. A., Alaydrus, S. N., Puspita, W., Sahrul, S., Agriawan, M. N., & Hamzah, H. (2023). Seawater Lamp: Utilization of Seawater as an Alternative Energy Source to Generate Electricity. *Indonesian Review of Physics*, 6(1), 17-23. <https://doi.org/10.12928/irip.v6i1.7070>
- [13] Mozaffari, S., & Nateghi, M. R. (2022). Recent advances in solar rechargeable seawater batteries based on semiconductor photoelectrodes. *Topics in Current Chemistry*, 380(5), 28. DOI: [10.1007/s41061-022-00380-y](https://doi.org/10.1007/s41061-022-00380-y)
- [14] Arnold, S., Wang, L., & Presser, V. (2022). Dual-use of seawater batteries for energy storage and water desalination. *Small*, 18(43), 2107913. <https://doi.org/10.1002/sml.202107913>
- [15] Chen, J., Sun, L., Wang, K., & Zhang, Y. (2024). Research and applications of rechargeable seawater battery. *Journal of*

- Energy Storage*, 76, 109659.
<https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109659>
- [16] Mozaffari, S., & Nateghi, M. R. (2022). Recent advances in solar rechargeable seawater batteries based on semiconductor photoelectrodes. *Topics in Current Chemistry*, 380(5), 28. DOI: [10.1007/s41061-022-00380-y](https://doi.org/10.1007/s41061-022-00380-y)
- [17] Alfiano, R., Chandra, B., Kusumahadi, G. T. A., & Kurniawan, A. (2024). IMPLEMENTASI KONSEP BANGUNAN NET-ZERO ENERGY DALAM DESAIN ARSITEKTUR SEBAGAI SOLUSI PENGHEMATAN ENERGI. *Journal of Syntax Literate*, 9(10).
- [18] Ashary, L. (2019). Pengaruh praktik manajemen sumber daya manusia terhadap produktivitas karyawan peternak ayam potong PT. Mitra Gemuk Bersama (MGB) di Kabupaten Jember. *Growth*, 14(2), 72-82.
- [19] Atmaja, Y. S., & Paulus, D. H. (2022). Partisipasi Bank Indonesia Dalam Pengaturan Digitalisasi Sistem Pembayaran Indonesia. *Masalah-Masalah Hukum*, 51(3), 271-286.
- [20] Muqorrobin, I., Kristiyono, A. E., & Prawoto, A. (2024). Perancangan Sistem Kontrol Jarak Jauh Berbasis PID Menggunakan Blynk pada Gandrum di Kapal. *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, 3(3), 129-152.
- [21] Judijanto, L., Karmagatri, M., Lutfi, M., Sepriano, S., Pipin, S. J., Erwin, E., ... & Lukmana, H. H. (2024). *Pengembangan Startup Digital: Referensi Sukses Memulai Bisnis Startup Digital Era Industri 4.0 dan Society 5.0*. PT. Green Pustaka Indonesia.
- [22] Wattimena, F. Y., Renyaan, A. S., S SI, M. T., Koibur, R., Manurung, H. E., & Koibur, M. E. (2024). *Inovasi Digital dalam Pemerintahan: Meningkatkan Keterbukaan dan Efisiensi dengan AI, IoT, dan Blockchain*. Kaizen Media Publishing.
- [23] Gombo, J., Tabuni, F., Gwijangge, A., Ansanay, Y. O., Hamzah, H., & Agriawan, M. N. (2024). PERAN ELEKTRONIKA DAYA DALAM MERANCANG ENERGI TERBARUKAN DARI BAHAN ALAM DI PAPUA. *Jurnal Hadron*, 6(1), 6-10.