

Merancang dan Membuat Baterai Fe+Zn dan Fe+Cu Menggunakan Elektrolit Alkali Hasil Elektrolisis Air Garam

Ekki Kurniawan
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik-Telkom University
Bandung, Indonesia
ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

Darul Ma'arif Supyadi
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik-Telkom University
Bandung, Indonesia
darulmaarifs@student.telkomuniversity.ac.id

Faisal Budiman
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik-Telkom University
Bandung, Indonesia
faisalbudiman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Meningkatnya kebutuhan energi global dan ketergantungan pada baterai konvensional berbasis lithium-ion menimbulkan persoalan biaya, ketersediaan lithium-kobalt, dan dampak lingkungan, sehingga diperlukan solusi alternatif yang murah, ramah lingkungan, dan berbahan melimpah. Penelitian ini mengeksplorasi elektrolit alkali hasil elektrolisis air garam sebagai medium baterai dengan elektroda Fe+Cu dan Fe+Zn. Hasil uji menunjukkan konfigurasi Fe+Cu dalam larutan basa menghasilkan tegangan tertinggi, yaitu 0,96 V per sel, sedangkan Fe+Zn mencapai 0,62 V per sel. Sistem monitoring menggunakan INA219 dan ACS712 tervalidasi dengan galat rata-rata hanya 0,01 V dan 0,01 A. Uji tanpa beban memperlihatkan penurunan tegangan dari 9,64 V menjadi 6,40 V dalam 10 menit, sedangkan dengan beban 12 V, tegangan turun dari 7,62 V menjadi 6,61 V. Data tersebut menegaskan kelayakan awal baterai berbasis elektrolit alkali sebagai penyimpanan energi berskala kecil yang ekonomis dan lebih hijau, sambil membuka ruang optimalisasi material, geometri elektroda, dan manajemen resistansi internal, serta strategi kontrol proses elektrolisis lanjutan.

Kata kunci— Baterai, elektrolit alkali, elektrolisis air garam, Fe+Cu, Fe+Zn, sensor INA219, Sensor ACS712

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan energi dunia secara langsung mendorong kenaikan penggunaan perangkat penyimpanan energi seperti baterai. Baterai berbasis lithium-ion masih menjadi pilihan utama karena mampu menyimpan energi dalam jumlah besar, namun tetap memiliki sejumlah kendala signifikan, seperti tingginya biaya produksi, keterbatasan pasokan bahan baku lithium dan kobalt, serta dampak lingkungan dari proses ekstraksi dan manufaktur[1],[2]. Kondisi ini mendorong perlunya pengembangan alternatif baterai berbahan dasar material yang lebih ramah lingkungan, mudah didapat, serta lebih ekonomis[3],[4].

Seiring dengan kemajuan di bidang energi terbarukan, sejumlah peneliti mulai mengkaji penggunaan logam alternatif, seperti besi (Fe), seng (Zn), dan tembaga (Cu), yang menunjukkan karakteristik elektrokimia baik untuk aplikasi baterai[5]. Selain itu penggunaan elektrolit alkali yang diperoleh dari proses elektrolisis air garam dan bahan bakunya sangat melimpah[6],[7]. Beberapa Penelitian juga menegaskan bahwa sifat basa atau asam pada lingkungan elektrolit memberi pengaruh penting pada efisiensi reaksi elektroda dan besaran tegangan yang dihasilkan[8].

Namun, masih terdapat celah Penelitian terkait kombinasi elektroda Fe+Zn dan Fe+Cu dengan elektrolit alkali dari air garam, terutama dalam pengujian performa baterai secara langsung dengan pemantauan menggunakan sensor digital seperti INA219 dan ACS712. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji sistem baterai yang menggunakan pasangan elektroda tersebut, mengevaluasi tegangan dan arus hasil elektrokimia, serta mengkaji keakuratan pemantauan sensor terhadap performa sistem secara real-time.

II. KAJIAN TEORI

A. Baterai

Baterai merupakan alat penyimpan energi yang menimbun energi kimia dan mengubahnya kembali menjadi energi listrik untuk menghasilkan arus sesuai kebutuhan. Prosesnya terjadi melalui reaksi elektrokimia antara material aktif pada anoda-katoda dan elektrolit (misalnya larutan asam). Baterai banyak digunakan untuk memasok daya berbagai perangkat dan sistem kelistrikan, serta dapat diisi ulang dengan arus searah berpolaritas terbalik[7].

Secara prinsip, baterai adalah perangkat elektrokimia: susunan anoda-katoda di dalam elektrolit memicu reaksi redoks yang menghasilkan arus. Contohnya baterai berbasis air laut/air garam, di mana larutan garam berperan sebagai elektrolit; dikombinasikan dengan pasangan elektroda yang sesuai, sistem ini secara langsung mengonversi energi kimia menjadi energi listrik[9].

B. Kinerja baterai

Kinerja baterai elektroda menggunakan larutan elektrolit air garam menunjukan bahwa tegangan dan arus keluaran baterai sangat dipengaruhi oleh larutan elektrolit. Pada konsentrasi garam yang optimal, baterai mampu menghasilkan listrik yang stabil, tetapi performa menurun jika salinitas terlalu rendah atau terlalu tinggi. Dan daya tahan baterai bergantung pada kemampuan sistem mempertahankan salinitas elektrolit dalam siklus operasi[10].

C. Elektrolit

Elektrolit adalah larutan yang menghantarkan arus listrik karena mengandung ion-ion yang bergerak bebas. Elektrolit tersebut terbagi menjadi tiga yaitu, elektrolit kuat, lemah, dan non elektrolit. Elektrolit kuat adalah larutan yang zat terlarutnya terionisasi sempurna menjadi ion-ion positif dan negatif, sehingga dapat menghantarkan arus listrik dengan baik. Sementara itu, elektrolit lemah hanya terionisasi

sebagian, sehingga hanya menghasilkan sedikit ion dan arus listrik yang dihasilkanpun lemah. Adapun non-elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena tidak menghasilkan ion yang bergerak bebas dalam larutan[11].

D. Anoda dan Katoda

Anoda adalah elektroda tempat terjadinya reaksi oksidasi, yaitu proses dimana suatu zat melepaskan elektron. Dan katoda adalah elektroda tempat berlangsungnya reaksi reduksi, yakni proses dimana ion atau molekul menerima elektron[11].

E. Reaksi Reduksi dan Oksidasi

Reaksi reduksi dan oksidasi (redoks) merupakan salah satu konsep fundamental dalam kimia yang melibatkan perpindahan elektron, perubahan bilangan oksidasi, dan keterlibatan oksigen. Secara umum oksidasi dapat diartikan sebagai proses pengikatan oksigen atau pelepasan elektron, sementara reduksi merupakan pelepasan oksigen atau penerimaan elektron[12].

F. Korosif

Korosif adalah sifat suatu zat atau lingkungan yang mampu merusak atau menurunkan mutu material, terutama logam, melalui reaksi kimia atau elektrokimia. Lingkungan korosif dapat mencakup air, larutan asam, basa, atau garam yang mempercepat proses degradasi material[13].

G. Material

Material paduan Fe, Zn, dan Cu memiliki sifat mekanik dan fisik yang bervariasi tergantung komposisi dan proses pembuatannya. Penambahan Zn pada paduan Cu meningkatkan kekerasan dan kekuatan, namun dapat menurunkan keuletan dan ketahanan korosi. Fe ditambahkan untuk memperkuat dan meningkatkan ketahanan aus, meski kadarnya tinggi bisa menurunkan ketahanan korosi. Struktur mikro Cu-Zn-Fe memengaruhi kekerasan dan ketahanan korosi, membuatnya cocok untuk elektroda las dan komponen tahan aus. Cu berperan penting dalam konduktivitas listrik dan ketahanan korosi, sehingga kombinasi ketiga unsur ini menghasilkan material dengan kekuatan, ketahanan korosi, dan kemudahan pengerjaan optimal[14], [15].

III. METODE

Penelitian ini menggunakan tahap eksperimental dengan tahap:

A. Perancangan Sistem



GAMBAR 1

Sistem ini dibuat untuk membuat baterai alkali. Alur kerjanya dimulai dari pemilihan larutan elektrolit dan logam yang

nanti akan menjadi komponen utama dalam proses pembuatan baterai. Setelah ditemukan kombinasi larutan dan logam yang mampu menghantarkan tegangan dengan baik, kedua komponen tersebut dirangkai menjadi satu sel. selanjutnya, beberapa sel disusun secara seri dan diuji untuk mengetahui total daya yang dihasilkan, yang akan dibaca menggunakan sensor tegangan. Jika baterai diberikan beban, arus yang mengalir dapat dibaca menggunakan sensor arus. Data dari kedua sensor tersebut kemudian diproses oleh Arduino Nano, yang akan mengkonversi nilai analog menjadi nilai digital, dan hasilnya ditampilkan pada layar LCD.

B. Implementasi perangkat Keras

Implementasi perangkat keras ini menggunakan Arduino Nano sebagai pengendali utama. Tegangan dari sel-sel baterai diukur menggunakan sensor INA219, sedangkan arus yang mengalir saat baterai diberi beban terdeteksi oleh sensor ACS712. Data dari kedua sensor tersebut kemudian diproses oleh Arduino Nano untuk mengubahnya dari analog menjadi digital. Data yang telah diolah ditampilkan pada layar LCD 16x2 berbasis I2C.

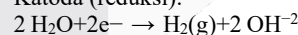
C. Validasi Komponen



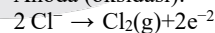
GAMBAR 2

Logam besi (Fe), seng (Zn), dan tembaga (Cu) dikombinasikan dalam dua pasangan, yaitu Fe dengan Cu dan Fe dengan Zn, kemudian diuji coba menggunakan larutan basa dan asam. Dari hasil pengujian, dipilih kombinasi yang menghasilkan tegangan terbesar. Diketahui bahwa kombinasi Fe+Cu dengan larutan basa menghasilkan tegangan tertinggi sebesar 0,96 V, dibandingkan dengan kombinasi lainnya. Oleh karena itu, dipilih kombinasi Fe+Cu dengan larutan basa sebagai konfigurasi terbaik. Dengan rumus persamaan nerst:

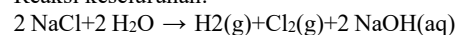
Katoda (reduksi):



Anoda (oksidasi):



Reaksi keseluruhan:



Produk: H_2 terbentuk di katoda, Cl_2 di anoda, dan NaOH tertinggal dalam larutan.

Persamaan Nerst (kondisi non-standar)

$$E = E^\circ - \frac{RT}{nF} \ln Q \quad (\text{atau pada } 25^\circ \text{ } E = E^\circ - \frac{0.05916}{n} \log_{10} Q)$$

Keterangan:

E = potensial sel (V)

E° = potensial standar (V)

R = 8,314 J mol⁻¹ K⁻¹

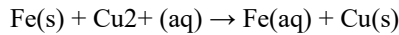
T = suhu mutlak (K)

n = jumlah elektron yang berpindah

F = 96485 C mol⁻¹

Q = hasil bagi reaksi (rasio aktivitas/konsentrasi produk terhadap reaktan)

Reaksi keseluruhan:



Potensial sel:

$$E_{\text{sel}} = E^{\circ}_{\text{sel}} - \frac{0.0591}{n} \log_{10} Q, \quad Q = \frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]}, \quad n=2$$

Dengan data standar:

$$E^{\circ}_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = +0.34 \text{ V}, \quad E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0.44 \text{ V} \rightarrow$$

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = 0.34 - (-0.44) = 0.78 \text{ V}.$$

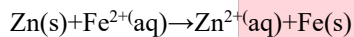
Maka:

$$E_{\text{sel}} = 0.78 - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} \right)$$

$$0.96 = 0.78 - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} \right) \rightarrow \log_{10} \left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} \right) \approx -6.09$$

$$\left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} \right) \approx 8 \times 10^{-7}$$

Reaksi keseluruhan:



Data standar:

$$E^{\circ}_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} = -0.44 \text{ V}, \quad E^{\circ}_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}} = -0.76 \text{ V}$$

Maka:

$$E^{\circ}_{\text{sel}} = (-0.34) - (-0.76) = +0.32 \text{ V}$$

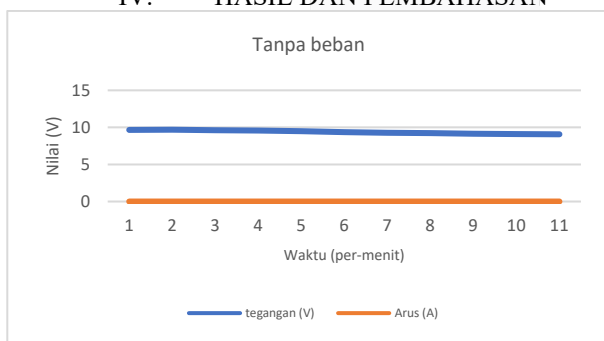
Persamaan Nernst:

$$E_{\text{sel}} = 0.32 - \frac{0.0591}{2} \log_{10} \left(\frac{[\text{Fe}^{2+}]}{[\text{Cu}^{2+}]} \right)$$

D. Pengambilan Data

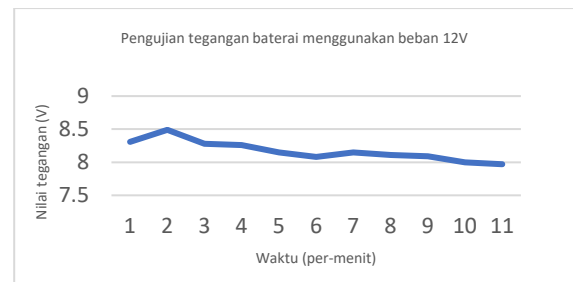
Data diambil dari beberapa sel baterai yang telah digabungkan untuk mengukur tegangan total yang dihasilkan menggunakan sensor tegangan. Pengujian juga dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas dan ketahanan baterai, yaitu dengan mengamati seberapa lama baterai mampu mempertahankan tegangan saat digunakan secara terus-menerus, baik dalam kondisi tanpa beban maupun saat diberi beban. Hasil pengujian ini memberikan gambaran mengenai performa dan efisiensi baterai dalam jangka waktu tertentu.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

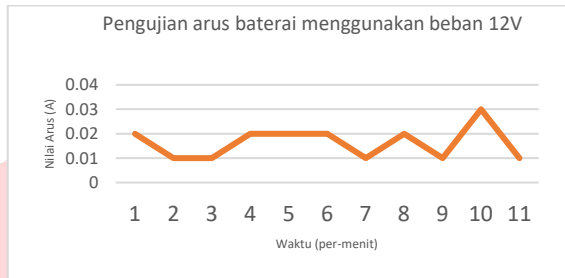


GAMBAR 3

Berdasarkan grafik pada Gambar 3, terlihat bahwa pada awal pengujian baterai menunjukkan tegangan sebesar 9,64 V. Tegangan tersebut secara bertahap mengalami penurunan selama 10 menit hingga mencapai sekitar 6,4 V. Setelah fase penurunan tersebut, tegangan cenderung stabil dan tertahan di kisaran ± 5 V. Pola ini menunjukkan bahwa baterai mampu mempertahankan kestabilan tegangan setelah penurunan awal, yang mengindikasikan performa baterai yang cukup baik dalam menjaga daya selama periode penggunaan.



GAMBAR 4



GAMBAR 5

Pengujian baterai alkali dengan beban lampu LED 12 V (Gbr. 4. dan 5) menunjukkan tegangan turun perlahan dari 8,31 V (menit 0) ke 7,97 V (menit 10), dengan arus berfluktuasi 0,01–0,03 A. Secara teori ($V = I \cdot R$), $R = 375 \Omega$ dan $I = 0,02$ A memberi 7,5 V, namun hasil aktual lebih tinggi (8,31–7,97 V) karena sifat non-linear LED (resistansi efektif berubah mendekati tegangan kerja) serta resistansi internal baterai. Alhasil terlihat penurunan tegangan yang lambat dan variasi arus kecil, disertai deviasi nilai akibat karakter beban dan sumber pada pembebanan ringan.

Baterai ini juga dapat diisi ulang (dicharge) menggunakan modul surya sebagai sumber energi alternatif. Penggunaan energi surya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kemandirian sistem, sekaligus mendukung konsep ramah lingkungan. Dengan memanfaatkan cahaya matahari sebagai sumber daya, baterai alkali ini menjadi lebih praktis dan berkelanjutan, terutama untuk penggunaan di daerah yang sulit dijangkau jaringan listrik. Selain itu, integrasi dengan panel surya juga membuka peluang pengembangan sistem penyimpanan energi yang hemat biaya dan mudah diaplikasikan dalam skala kecil hingga menengah.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan menguji baterai dengan elektroda Fe+Cu dan Fe+Zn menggunakan elektrolit alkali hasil elektrolisis air garam. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi Fe+Cu memberikan performa terbaik dengan tegangan maksimum 0,96 V, dibandingkan Fe+Zn yang hanya mencapai 0,62 V. Sensor INA219 dan ACS712 menunjukkan akurasi tinggi dengan error hanya 0,01 V dan 0,01 A. Pada pengujian tanpa beban, tegangan turun dari 9,64 V menjadi 6,40 V dalam 10 menit, sedangkan pada beban 12V, tegangan menurun dari 7,62 V ke 6,16 V dengan arus meningkat dari 0,02 A ke 0,08 A. Baterai ini menunjukkan kinerja stabil, ramah lingkungan, ekonomis, dan berpotensi sebagai solusi penyimpanan energi alternatif.

REFERENSI

- [1] P. Verma, P. Maire, and P. Novák, "A review of the features and analyses of the solid electrolyte interphase in Li-ion batteries," *Electrochim. Acta*, vol. 55, no. 22, pp. 6332–6341, 2010, doi: 10.1016/j.electacta.2010.05.072.
- [2] J. M. Tarascon and M. Armand, "Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries," *Mater. Sustain. Energy A Collect. Peer-Reviewed Res. Rev. Artic. from Nat. Publ. Gr.*, vol. 414, no. November, pp. 171–179, 2010, doi: 10.1142/9789814317665_0024.
- [3] A. A. Solikah and B. Bramastia, "Systematic Literature Review : Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia," *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 27–43, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.21742.
- [4] Iksan Arif Munandar, Ryan Sadewo, Ammar Mustaqim, Arfan Pratama, and Shalahuddin Hafizd Al Aziz, "Optimalisasi Grafena dalam Pengembangan Baterai Ramah Lingkungan Berkapasitas Tinggi," *Jupiter Publ. Ilmu Keteknikan Ind. Tek. Elektro dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 139–145, 2025, doi: 10.61132/jupiter.v3i1.678.
- [5] D. Linden and T. B. Reddy, *Handbook of batteries*, vol. 33, no. 04. 1995. doi: 10.5860/choice.33-2144.
- [6] Y. Wahyono, H. Sutanto, and E. Hidayanto, "Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH," 2017.
- [7] M. Nasution, "Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik," *Cetak) J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 35–40, 2021.
- [8] S. Arnold, L. Wang, and V. Presser, "Dual-Use of Seawater Batteries for Energy Storage and Water Desalination," *Small*, vol. 18, no. 43, 2022, doi: 10.1002/sml.202107913.
- [9] Z. Anisa and D. Setyaningrum, "Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Baterai Dengan Elektroda Tembaga & Aluminium," *Sainmatika J. Ilm. Mat. dan Ilmu Pengetah. Alam*, vol. 19, no. 2, pp. 156–162, 2022, doi: 10.31851/sainmatika.v19i2.9583.
- [10] S. HIDAYAT and C. L. M. K. WAHYU ALAMSYAH, IMAN RAHAYU, "Sintesis Polianilin Dan Karakteristik Kinerjanya Sebagai Anoda Pada Sistem Baterai Asam Sulfat," *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 6, no. 01, p. 20, 2016, doi: 10.24198/jmei.v6i01.9415.
- [11] I. Gunawan, S. Subandi, Y. Yuberti, R. B. Satiyarti, M. Kamelia, and L. Nabila, "The Development of Physics Props Made from Second-Hand Materials Materials as a form of Care for the Environment," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1155, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1742-6596/1155/1/012016.
- [12] R. B. Khaerudin, A. Supriatna, S. Hendayana, and H. Herwantono, "Desain Didaktis Konsep Reaksi Reduksi Oksidasi," *Orbital J. Pendidik. Kim.*, vol. 7, no. 1, pp. 25–40, 2023, doi: 10.19109/ojpk.v7i1.17524.
- [13] T. Natasya, M. E. Khairafah, M. S. Br Sembiring, and L. N. Hutabarat, "Corrosion Factors on Nail," *Indones. J. Chem. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, p. 47, 2022, doi: 10.24114/ijcst.v5i1.33159.
- [14] E. Febriyanti, A. Suhadi, D. Priadi, and R. Riastuti, "Analisa fraktografi paduan Cu-Zn 70/30 pada berbagai % deformasi canai hangat," *Sintek*, vol. 10, no. 2, pp. 12–19, 2016, [Online]. Available: <https://www.semanticscholar.org/paper/96ba1637fb a1db03e4a7561fa8d65b949d8c9318>
- [15] Ian Hardianto S., Safei Safei, and Taufikurrahman Taufikurrahman, "Analisa Sifat Mekanik Bahan Paduan Tembaga-Seng Sebagai Alternatif Pengganti Bantalan Gelinding pada Lori Pengangkut Buah Sawit," *J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 77–84, 2005, [Online]. Available: <http://puslit2.petra.ac.id/ejournal/index.php/mes/article/view/16423>