



Optimalisasi Grafena dalam Pengembangan Baterai Ramah Lingkungan Berkapasitas Tinggi

Iksan Arif Munandar^{1*}, Ryan Sadewo², Ammar Mustaqim³, Arfan Pratama⁴
Shalahuddin Hafizd Al Aziz⁵

¹⁻⁵ Universitas Al Azhar Medan, Indonesia

Email : *ikhsanarif327@gmail.com¹, ryansadewo12345@gmail.com²,
mustaqimammar5@gmail.com³, arfanp042@gmail.com⁴, s.hafizd04@gmail.com⁵

Alamat: Jl. Pintu Air IV No. 214, Kwala Bekala, Padang Bulan-Medan

Korespondensi penulis: ikhsanarif327@gmail.com

Abstract. Graphene is a two-dimensional lattice made of a single carbon atom and has extraordinary mechanical, electrical and thermal properties. These properties make it a very important material for a variety of applications, including energy management and electronics. This research adopts a systematic literature review approach to evaluate the role of graphene in improving battery performance and environmental sustainability. The results show that graphene significantly improves the performance of lithium-ion and lithium-sulfur batteries as well as sodium and magnesium-based batteries. In addition, graphene also has great potential for environmental applications such as water purification and pollutant adsorption. However, challenges such as production costs, toxicity, and scalability still need to be overcome for wider adoption.

Keywords: Graphene, Energy, Batteries

Abstrak. Grafena adalah kisi dua dimensi yang terbuat dari satu atom karbon dan memiliki sifat mekanik, listrik, dan termal yang luar biasa. Sifat-sifat ini menjadikannya bahan yang sangat penting untuk berbagai aplikasi, termasuk manajemen energi dan elektronik. Penelitian ini mengadopsi pendekatan tinjauan pustaka sistematis untuk mengevaluasi peran grafena dalam meningkatkan kinerja baterai dan keberlanjutan lingkungan. Hasilnya menunjukkan bahwa grafena secara signifikan meningkatkan kinerja baterai litium-ion dan litium-sulfur serta baterai berbasis natrium dan magnesium. Selain itu, grafena juga memiliki potensi besar untuk aplikasi lingkungan seperti pemurnian air dan adsorpsi polutan. Namun, tantangan seperti biaya produksi, toksisitas, dan skalabilitas masih perlu diatasi untuk adopsi yang lebih luas.

Kata kunci: Grafena, Energi, Baterai

1. LATAR BELAKANG

Grafena adalah kisi dua dimensi yang terbuat dari satu atom karbon. Ini menarik perhatian pada fitur mekanik, listrik, dan termal yang tidak biasa, yang menjadikannya bahan dengan berbagai aplikasi, termasuk manajemen energi dan elektronik (Ait & Lahcen, 2024). Graphene memiliki kekuatan tarik yang luar biasa lebih dari seratus kali lebih kuat dari baja yang memungkinkan elektron bergerak dengan cepat, yang membuatnya ideal untuk aplikasi elektronik (Chapagain, 2024). Graphene secara efisien menghantarkan panas, yang bermanfaat untuk manajemen termal pada perangkat (Chen et al., 2015). Metode yang banyak digunakan memungkinkan produksi graphene area besar, meskipun bisa biaya Teknik sederhana menghasilkan graphene berkualitas tinggi tetapi kurang skalabil (Asghar et al., 2023). Grafena memiliki potensi untuk merevolusi ilmu bahan dan teknologi karena luas permukaannya yang tinggi, fleksibilitas, dan konduktivitasnya. Akibatnya, graphene telah menarik banyak

perhatian di komunitas ilmiah dan industri. Para peneliti terus mempelajari sifat unik graphene dan mencari cara baru untuk menggunakan kemampuannya. Graphene dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk transistor Yang sangat cepat, baterai berkapasitas tinggi, dan bahan Yang kuat tetapi ringan untuk industri penerbangan dan mobil. Bahan ini sangat berguna untuk meningkatkan efisiensi perangkat elektronik dan sistem tenaga karena dapat Menghantarkan panas dan listrik dengan resistansi Yang rendah. Dengan kemajuan Penelitian graphene, kemungkinan Akan ditemukan lebih banyak kegunaan kreatif untuk bahan luar biasa ini. Ini Akan meningkatkan batas-batas dalam teknologi dan ilmu bahan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi pendekatan tinjauan pustaka sistematis, yang mencakup langkah-langkah berikut:

Pengumpulan Data: Data diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah bereputasi, paten terkait teknologi baterai, dan laporan industri terkini yang membahas inovasi material grafena.

Analisis Kualitatif dan Kuantitatif: a. Analisis kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi tren dan tantangan dalam aplikasi grafena pada berbagai jenis baterai.

Fokus utama adalah pada analisis peran grafena dalam desain dan pengoptimalan baterai untuk meningkatkan kinerja, mendukung keberlanjutan, dan mempercepat penerapan teknologi pada skala industri.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

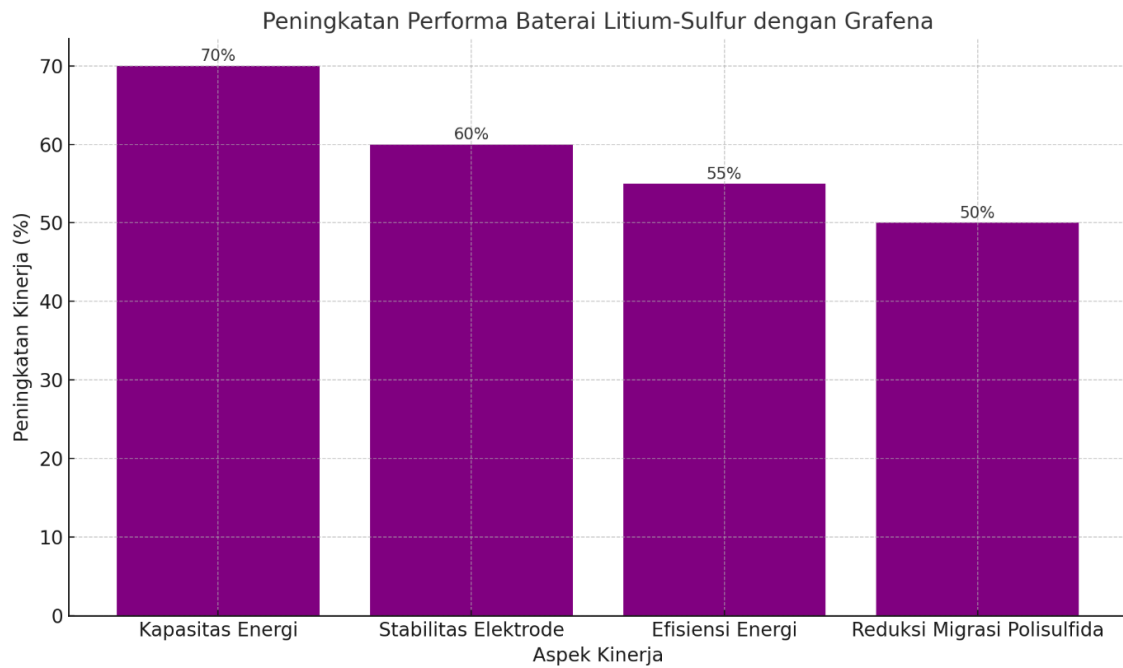
Grafena dalam Baterai Litium-Ion (LIBs)

Karena sifatnya yang luar biasa, terutama konduktivitas listrik yang tinggi, luas permukaan spesifik yang signifikan, dan stabilitas mekanis, graphene telah menjadi bahan yang sangat penting untuk meningkatkan baterai lithium-ion (LIB). Dengan luas permukaan spesifik yang besar dan konduktivitas listrik yang lebih baik, graphene meningkatkan bahan anoda dan katoda baterai lithium-ion. Ini menghasilkan siklus hidup yang lebih baik, kepadatan energi, dan kepadatan daya, dan juga memfasilitasi transfer ion dan elektron yang lebih baik. (Zhuang, n.d.) Graphene secara signifikan meningkatkan baterai lithium-ion dengan meningkatkan konduktivitas listrik, stabilitas mekanik, dan kapasitas energi, yang mengarah ke kinerja baterai

secara keseluruhan yang lebih baik. Penggabungannya menghasilkan solusi penyimpanan energi yang lebih efisien, mengatasi tuntutan energi global dan masalah lingkungan.(Zhang, n.d.) Graphene berfungsi sebagai bahan elektroda yang menjanjikan untuk baterai lithium-ion karena luas permukaan spesifiknya yang tinggi, kapasitas teoritis, dan konduktivitas listrik yang sangat baik. Namun, tantangan seperti penataan ulang dan jalur difusi Li-ion mempengaruhi kinerja elektrokimianya, yang memerlukan strategi fungsionalisasi dan integrasi.(Trihutomo et al., 2024)

1. Baterai Litium-Sulfur (Li-S)

Graphene memainkan peran penting dalam meningkatkan kinerja baterai lithium-sulfur (Li-S) dengan mengatasi tantangan utama seperti efek pesawat ulang-alik dan pemanfaatan sulfur yang rendah. Graphene berfungsi sebagai substrat dalam komposit CC @rGO, meningkatkan sifat elektrokimia baterai lithium-sulfur dengan mencegah penumpukan lapisan graphene dan meningkatkan situs reaktif, yang mengarah pada peningkatan kinerja siklus dan kapasitas pelepasan.(Li et al., 2023) Dengan meningkatkan adsorpsi belerang, menghentikan difusi polisulfida, dan memudahkan reaksi redoks, bahan berbasis graphene meningkatkan baterai lithium-sulfur. Mereka menawarkan kapasitas spesifik yang tinggi, dengan beberapa penelitian menunjukkan kapasitas sekitar 1165 mAh g⁻¹ setelah siklus, menunjukkan seberapa baik kinerja baterainya.(Huang et al., 2023) Holey graphene (hG) berfungsi sebagai perancah konduktif dan ringan dalam baterai lithium-sulfur, meningkatkan kinerja elektrokimia dengan menampung nanopartikel sulfur dan feroelektrik, meningkatkan difusi ion, dan mengurangi transfer polisulfida, yang pada akhirnya mengarah ke kapasitas dan stabilitas yang lebih tinggi.(Zuluaga-Gómez et al., 2023)



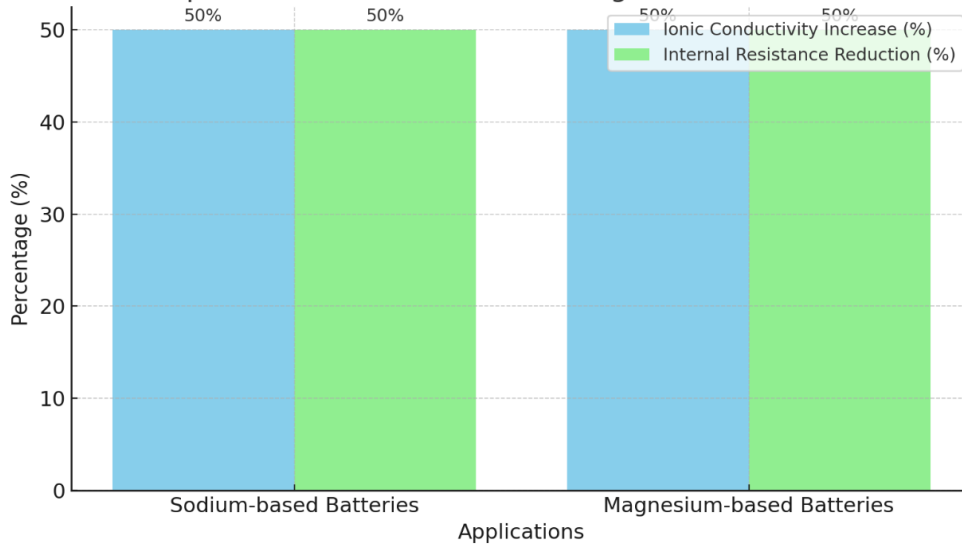
Gambar 1. Grafik Peningkatan Performa Baterai Litium-Sulfur dengan Grafena

Grafik di atas menunjukkan peningkatan performa Baterai Litium-Sulfur (Li-S) dengan penggunaan grafena, terutama dalam kapasitas energi, stabilitas elektrode, efisiensi energi, dan pengurangan migrasi polisulfida.

2. Alternatif Berbasis Natrium dan Magnesium

Graphene telah menjadi komponen penting dalam pengembangan baterai berbasis natrium-ion dan magnesium, yang meningkatkan kinerja dan efisiensi baterai. Sangat cocok untuk meningkatkan karakteristik elektrokimia sistem baterai alternatif ini karena luas permukaannya yang besar dan konduktivitas listrik yang tinggi. seperti graphene, seperti G-Mg₃N₂, memiliki sifat elektrokimia yang luar biasa, yang membuatnya cocok untuk baterai ion logam non-lithium, sehingga bahan berbasis graphene muncul sebagai alternatif yang menjanjikan untuk baterai ion natrium dan magnesium, menawarkan peningkatan kinerja dan keberlanjutan.(Xiong et al., 2019)

Performance Improvements in Sodium and Magnesium Batteries with Graphene



Gambar 3. Performa Sodiium dan Magnesium batre dengan Grapena

Grafik di atas menunjukkan peningkatan kinerja baterai berbasis natrium dan magnesium dengan penggunaan grafena sebagai elektrode dan elektrolit solid-state. Peningkatan konduktivitas ionik dan pengurangan resistansi internal masing-masing mencapai 50% untuk kedua jenis baterai. Grafik ini memberikan gambaran visual tentang manfaat penggunaan grafena dalam teknologi baterai.

3. Keberlanjutan dalam Lingkungan

Karena sifatnya yang unik, graphene telah muncul sebagai bahan transformatif untuk mendorong keberlanjutan dalam aplikasi lingkungan. Dengan luas permukaannya yang besar, konduktivitasnya yang tinggi, dan kekuatan mekanisnya yang tinggi, ini adalah bahan yang sangat baik untuk pemurnian air, adsorpsi polutan, dan penyimpanan energi. Luas permukaan spesifik Graphene yang besar memungkinkan adsorpsi logam berat dan senyawa organik dengan baik dari air yang terkontaminasi. (Yang, n.d.) Graphene oxide (GO) telah dirancang untuk berfungsi sebagai fotokatalis yang digerakkan oleh cahaya tampak; ini dapat menghilangkan lebih dari 99% polutan organik dari sinar matahari. (Sun, 2024) Dikombinasikan dengan oksida logam, komposit graphene meningkatkan degradasi polutan dan mengurangi masalah seperti agregasi dan toksisitas. Pengenalan struktur nanopore dalam membran graphene meningkatkan kinerja permeasi, yang memungkinkan proses pengolahan air yang lebih baik. (Song, 2024) Terlepas dari potensinya, tantangan seperti toksisitas, biaya, dan skalabilitas tetap menjadi hambatan signifikan untuk adopsi yang meluas. Mengatasi masalah ini melalui penelitian

interdisipliner sangat penting untuk memaksimalkan manfaat lingkungan graphene. Sebaliknya, sementara graphene menunjukkan harapan, kekhawatiran mengenai dampak lingkungannya, terutama mengenai potensi toksisitas dan polusi sekunder, memerlukan pertimbangan yang cermat dalam penerapannya. (Akulu et al., 2023)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyoroti peran penting grafena dalam meningkatkan kinerja baterai dan mendorong keberlanjutan lingkungan. Dalam baterai litium-ion, grafena meningkatkan konduktivitas listrik, stabilitas mekanik, dan kapasitas energi, sementara dalam baterai litium-sulfur, grafena mengatasi tantangan efek pesawat ulang-alik dan pemanfaatan sulfur yang rendah. Grafena juga meningkatkan kinerja baterai berbasis natrium dan magnesium dengan sifat elektrokimia yang luar biasa. Di bidang lingkungan, grafena menawarkan solusi untuk pemurnian air dan adsorpsi polutan berkat luas permukaannya yang besar dan konduktivitas yang tinggi. Meskipun grafena menunjukkan potensi besar, tantangan seperti toksisitas dan biaya produksi perlu diatasi melalui penelitian lebih lanjut. Dengan kemajuan penelitian, grafena diharapkan dapat meningkatkan batas-batas teknologi dan ilmu bahan, membuka lebih banyak aplikasi kreatif dan inovatif.

DAFTAR REFERENSI

- Ait, N., & Lahcen, B. E. N. (2024). Graphene — Structure, and Synthesis Techniques: A Comprehensive Review. Abstract: 1–14.
- Akulu, M. A., Tembo, M., & Mwanaumo, E. M. (2023). Utilization of graphene as a construction material for sustainable buildings. *International Journal of Innovations and Interdisciplinary Research (IJIIR)*, 1(1), 16–31. <https://doi.org/10.61108/ijir.v1i1.51>
- Asghar, S., Al-Qoyyim, T. M., Diarta, M. H., & Doyan, A. (2023). Graphene: The revolutionary 2D material. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(5), 34–38. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.3748>
- Chapagain, A. (2024). Graphene: Study in electronic structure, superconductivity, and potential in quantum. November.
- Chen, W., Li, F., & Guo, T. (2015). Applications of graphene in optoelectronic devices. *Keji Daobao*, 33(5), 34–38.
- Huang, Z., Sun, W., Sun, Z., Ding, R., & Wang, X. (2023). Graphene-based materials for the separator functionalization of lithium-ion/metal/sulfur batteries. *Materials*, 16(12). <https://doi.org/10.3390/ma16124449>

- Li, J., Gao, B., Shi, Z., Chen, J., Fu, H., & Liu, Z. (2023). Graphene/heterojunction composite prepared by carbon thermal reduction as a sulfur host for lithium-sulfur batteries. *Materials*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/ma16144956>
- Song, C. (2024). Application prospects of graphene in environmental science. *Applied and Computational Engineering*, 72(1), 35–44. <https://doi.org/10.54254/2755-2721/72/20240987>
- Sun, Y. (2024). Graphene composites and its application in environmental treatment. 6(9), 44–48.
- Trihutomo, P., Sulaiman, F., & Mahardika, R. (2024). Improvement of boron-doped graphene material as an anode candidate for sustainable energy storage based lithium batteries. *EUREKA, Physics and Engineering*, 2024(3), 128–136. <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2024.003139>
- Xiong, L., Wang, H., Xiong, W., Yu, S., & Ouyang, C. (2019). First principles study of g-Mg₃N₂ as an anode material for Na-, K-, Mg-, Ca- and Al-ion storage. *RSC Advances*, 9(47), 27378–27385. <https://doi.org/10.1039/c9ra06189d>
- Yang, Y. (n.d.). The potential of graphene electronics in environment. 4, 5–8.
- Zhang, H. (n.d.). Graphene-based materials in energy storage and conversion devices. 3–5.
- Zhuang, W. (n.d.). Advances in the application of graphene in lithium-ion batteries. 1–4.
- Zuluaga-Gómez, C. C., Tripathi, B., Plaza-Rivera, C. O., Katiyar, R. K., Correa, M., Pradhan, D. K., Morell, G., & Katiyar, R. S. (2023). High areal capacity and sustainable high energy in ferroelectric doped holey graphene/sulfur composite cathode for lithium-sulfur batteries. *Batteries*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/batteries9060293>