PENGARUH PENAMBAHAN KARBON AKTIF PADA ELEKTROLIT PADAT BATERAI BERBASIS CaO DARI LIMBAH CANGKANG KERANG

Latera Enjelina Simanullang[1], Nasruddin[1], Teuku Andi Fadlly[1*]
[1]Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Samudra
*Email : andifadly@unsam.ac.id
(Received: Nopember 2024 / Revised: Nopember 2024 / Accepted: Nopember 2024)

ABSTRAK

Penelitian pengaruh variasi karbon aktif pada CaO yang diaplikasikan sebagai elektrolit padat baterai telah dilakukan. Potensi limbah lokal suatu daerah dapat dimanfaakan kembali dan diolah menjadi produk bernilai ekonomi. Pengolahan yang baik bisa diubah menjadi bahan baku untuk material maju. Mengoptimalkan potensi ini dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi karbon aktif pada CaO sebagai elektrolit padat baterai, dengan pendekatan inovatif menggunakan limbah cangkang kerang dan TKKS (Tandan Kosong Kelapa Sawit) sebagai bahan baku. Kombinasi kedua limbah ini belum banyak dieksplorasi sebelumnya dan menawarkan solusi baru untuk mengurangi pencemaran lingkungan sambil memanfaatkan limbah bernilai rendah menjadi material elektrolit. CaO di hasilkan dari limbah cangkang kerang dan karbon aktif (C) dari TKKS. Sintesis CaO dilakukan dengan kalsinasi dengan temperatur 1000 ℃ selama 4 jam, sedangkan karbon aktif menggunakan metode karbonisasi dengan temperatur 600 ℃ selama 1 jam dan aktivasi kimia menggunakan KOH 1M. Elektrolit padat komposit CaO/C dilakukan dengan metode solid state, dimana dilakukan perbandingan variasi berat karbon aktif sebesar 0%, 5%, dan 10%. Hasil XRD menunjukkan CaO memiliki fasa cubic dengan sedikit pengotor kalium flouride, sedangkan karbon aktif terbentuk amorf. Efisiensi baterai tertinggi di hasilkan pada elektrolit padat tanpa penambahan karbon aktif CaO/C wt.0%, yaitu 6,15%. Selain itu, dengan penambahan karbon aktif memiliki efisiensi baterai tertinggi pada Cao/C wt.10% dibandingkan CaO/C wt. 5%, yaitu 1,60% dan 0,52%. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan baru ini dapat membuka peluang aplikasi material berbasis limbah untuk energi berkelanjutan.

Kata Kunci: *CaO, karbon aktif, elektrolit, baterai.*

1. PENDAHULUAN

Kota Langsa terletak di pesisir pantai timur Provinsi Aceh, memiliki luas wilayah 239,83 km^2 dengan komoditas perkebunan utama yaitu kelapa sawit [1]. Kelapa sawit yang dihasilkan akan diolah menjadi CPO (Crude Palm Oil), sementara limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagian akan dibakar dan dijadikan pupuk. Sementara itu masih banyak juga limbah TKKS yang hanya dibiarkan sehingga dapat mencemar lingkungan. Selain komoditas pada perkebunan masyarakat Kota Langsa yang berada disekitar wilayah pesisir juga memanfaatkan sumberdaya perikanan sebagai mata pencaharian. Sebagian masyarakat pesisir memiliki kegiatan sampingan yaitu pembersihan tiram dan kerang. Cangkang kerang dan tiram yang dipisahkan dari dagingnya akan dibuang, sehingga banyak ditemukan limbah yang menupuk di daerah pesisir Kuala Langsa, Kota Langsa.[2]

Beberapa penelitian menunjukan bahwa komponen utama cangkang kerang adalah $CaCO_3$ atau kalsium karbonat sekitar 96% dan sejumlah kecil mineral lainnya. Kandungan $CaCO_3$ dilakukan kalsinasi pada suhu sekitar 900-1000 ^oC akan di dapatkan CaO dengan kemurnian yang besar [3]. Limbah cangkang kerang pernah dijadikan sebagai alternatif elektrolit baterai pada *Zinc-Carbon* [4], begitu juga pada penelitian sebelumnya cangkang kerang kepah berhasil dipreparasi dan berpotensi untuk dijadikan sebagai doping anoda baterai Litium-Ion [5].

Selain CaO dari limbah cangkang kerang, karbon aktif dapat juga di produksi dari TKKS yang ketersediaanya cukup melimpah. TKKS memiliki kandungan lignin mencapai 60%, selulosa 27% dan sisanya adalah kandungan lain. Bahan yang memuat unsur lignoselulosa sangat baik dijadikan sebagai karbon aktif [6]. Karbon aktif dapat digunakan sebagai media penyerap udara dan memiliki potensi sebagai katoda udara [7]. Selain itu, material katalis dan bahan dasar komposit karbon sulfur sebagai katoda baterai lithium sulfur [8].

Penelitian ini menawarkan pendekatan baru dengan menggabungkan limbah cangkang kerang dan TKKS untuk menghasilkan elektrolit padat berbasis komposit CaO/karbon aktif. Pemanfaatan kedua limbah ini tidak hanya mengurangi biaya pembuatan CaO dan karbon aktif juga memberikan dampak positif terhadap lingkungan, yang mana pencemaran akibat limbah dapat teratasi. Pendekatan ini tidak hanya menawarkan solusi inovatif dalam pemanfaatan limbah lokal tetapi juga membuka peluang aplikasi material berbasis limbah untuk energi berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan material elektrolit baru dan pengelolaan limbah. Keterbaruan dari penelitian ini yaitu penggabungan dua jenis limbah lokal, yaitu

cangkang kerang dan tandan kosong kelapa sawit (TKKS), untuk menghasilkan komposit CaO/karbon aktif sebagai bahan elektrolit padat. Pendekatan ini belum banyak dieksplorasi sebelumnya, terutama dalam konteks pengembangan material elektrolit untuk aplikasi energi berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

Pembuatan serbuk CaO dari cangkang kerang darah didapatkan dari limbah masyarakat sekitar pesisir Kuala Langsa, Kota Langsa. Tahap awal, cangkang kerang di cuci terlebih dahulu dengan aquades. Selanjutnya dilakukan pengeringan dengan oven dengan suhu 150 ºC selama 3 jam. Cangkang kerang yang sudah kering ditumbuk menggunakan mortal hingga halus. Serbuk CaO disiapkan dengan metode kalsinasi dengan temperatur 1.000 ºC selama 4 jam [9]. Semua sampel yang dikalsinasi disimpan dalam bejana rapat untuk menghindari reaksi dengan karbon dioksida (CO_2) dan kelembaban udara sebelum digunakan. Cangkang kerang hasil preparasi kemudian dianalis menggunakan *X- Ray Diffraction* (XRD) untuk mengidentifikasi fasanya.

Proses pembuatan karbon aktif dari TKKS dimulai dengan pencacahan, pencucian dengan aquades, dan pengeringan sampel menggunakan oven dengan temperatur 100 ºC selama 2 jam. Selanjutnya TKKS tersebut dikarbonisasi pada temperatur 600 ºC selama 1 jam. Hasil karbonisasi ini diaktivasi menggunakan larutan 1 M KOH selam 24 jam. Larutan tersebut dinetralkan hingga pH 7, selanjutnya disaring dan dikeringkan menggunakan oven dengan temperatur 100 ºC selama 2 jam. Proses akhir dilakukan pengerusan menggunakan mortar dan kemudian disaring dengan ukuran 100 mesh.

Komposit CaO/karbon aktif dibuat dengan menggunakan metode *Solid State* [10]. Metode solid state adalah teknik sintesis material yang melibatkan reaksi antara bahan padat tanpa menggunakan pelarut atau media cair yang biasanya dilakukan melalui pencampuran, penggerusan, dan pemanasan untuk memastikan bahan bereaksi secara homogen. Proses komposit tersebut dilakukan dengan mencampurkan kedua bahan dengan perbandingan berat persen karbon aktif, yaitu 0%, 5%, dan 10%. Untuk selanjutnya di sebut komposit CaO/C wt.5%, CaO/C wt.10%, dan CaO wt.100%. Kedua bahan digerus menggunakan mortal sampai teraduk rata dan tidak terdapat gumpalan selama 30 menit.

Pengukuran pengisian dan pengosongan baterai dilakukan dengan metode *Constan Curent/Constan Voltage* [11]. Metode CC/CV adalah teknik pengisian dan pengosongan baterai yang digunakan untuk menjaga kestabilan dan efisiensi proses. Sumber tegangan yang di gunakan untuk proses pengisian baterai sebesar 3 volt dan kuat arus sebesar 500 mA, sedangkan pengosongan baterai menggunakan Resistor sebesar 10 Ω. Elktroda yang digunakan adalah tembaga dan seng. Kapasitas baterai dari sebuah baterai dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C = I \times t$$

Dimana, *C* adalah kapasitas baterai (A.h), *I* adalah arus listrik (A), dan t adalah waktu (h).

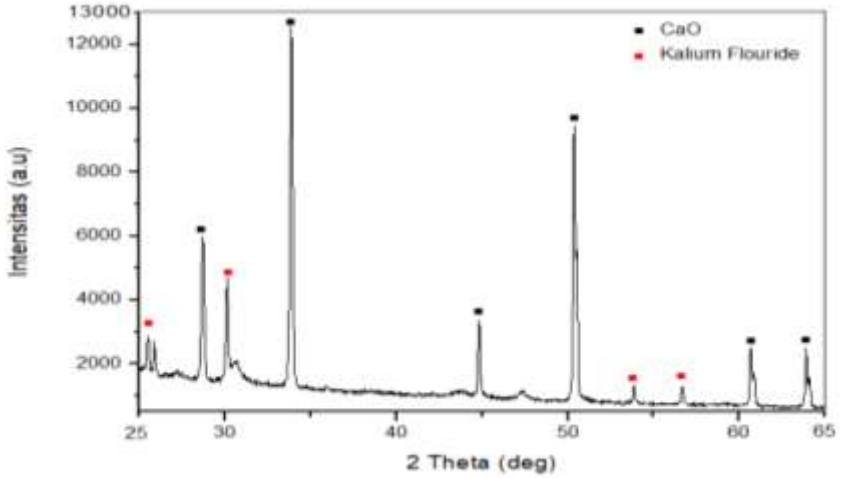
Sedangkan Efisiensi baterai dapat ditentukan dengan persamaan berikut [12]:

$$\eta = \frac{Cd}{Cc} \times 100$$

Dimana, *Ƞ* adalah efisiensi baterai (%), *Cd* adalah kapasitas pengosongan baterai (A.h), dan *Cc* adalah kapasitas pengisian baterai (A.h).

3. HASIL dan PEMBAHASAN

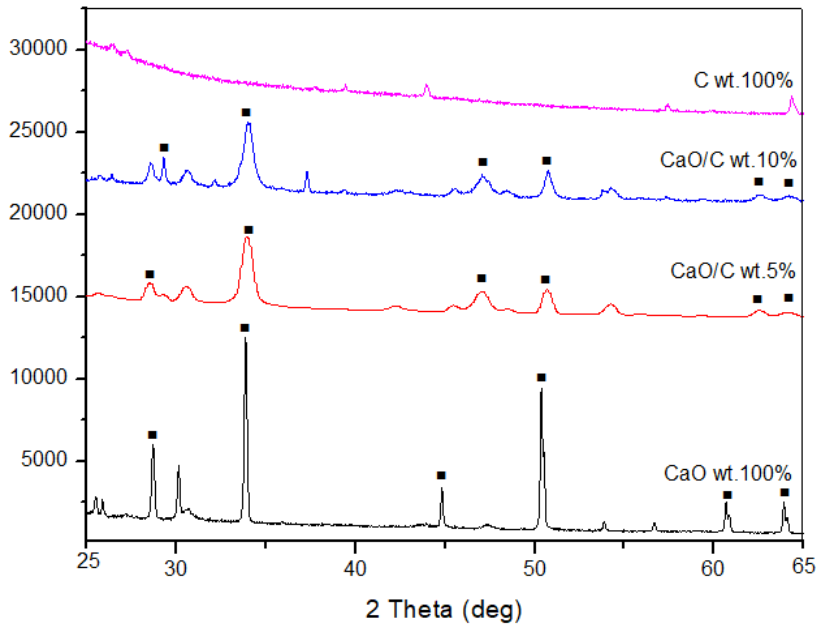
Cangkang kerang darah hasil kalsinasi kemudian dilakukan uji XRD yang bertujuan untuk mengetahui fasa struktur kristalin dari sampel. Hasil pola difraksi CaO dari cangkang kerang darah ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pola difraksi CaO dari cangkang kerang darah.

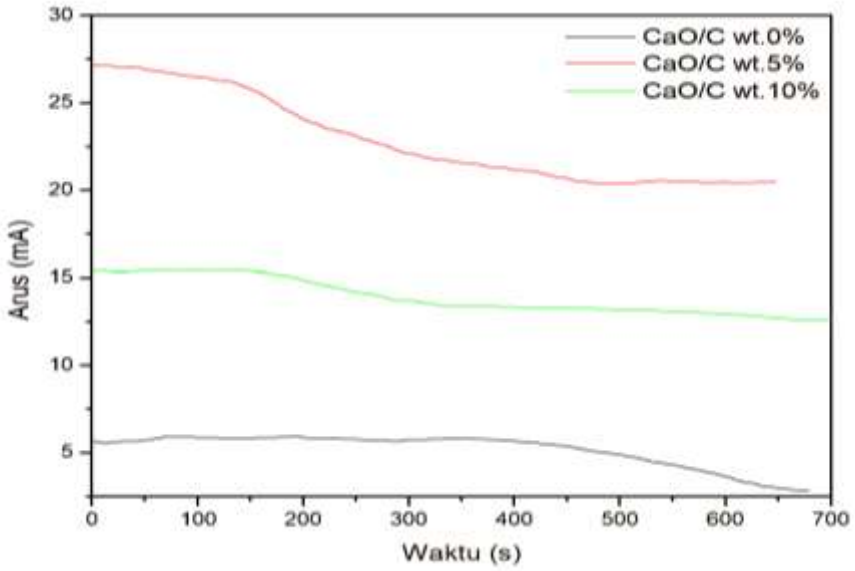
Berdasarkan Gambar 1, pola difraksi cangkang kerang darah setelah dikalsinasi menunjukkan CaO (*Cubic*) yang dilihat dengan munculnya puncak pada sudut 2θ = 28.72 º, 33.88 º 50.38 º, 60,67 º, 63.90 º. Hal tersebut berdasarkan COD (Cristallography Open Database) 7200686 yang dapat dilihat di *softwarematch*. Hasil XRD juga menunjukkan adanya mineral carobbite dengan unsur *Kalium Flouride* (KF) yang dapat dilihat pada sudut 2θ= 25,52 º, 30.06 º, 53,7 º, 56.48 º. Terbentuknya mineral *carobbite* terjadi dikarenakan titik didihnya berada di 1.505 ºC [13], sedangkan kalsinasi cangkang kerang darah dilakukan pada temperatur 1000 ºC, sehingga adanya pengotor.

Analisis XRD dilakukan pada komposit CaO/karbon aktif untuk menyatakan terbentuknya material komposit. Hasil analisis pola difraksi komposit CaO/karbon dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2, hasil dari pola difraksi menunjukkan secara umum tidak terbentuknya puncak kristalin CaO yang baru pada komposit CaO/karbon aktif TKKS. Selain itu, intensitas puncak kristalin CaO mengalami penurunan akibat bertambahnya komposisi fasa amorf yang dimiliki karbon aktif, yaitu komposit CaO/C wt.10%. Hal tersebut menyatakan keberhasilan terbentuknya komposit CaO/karbon aktif.

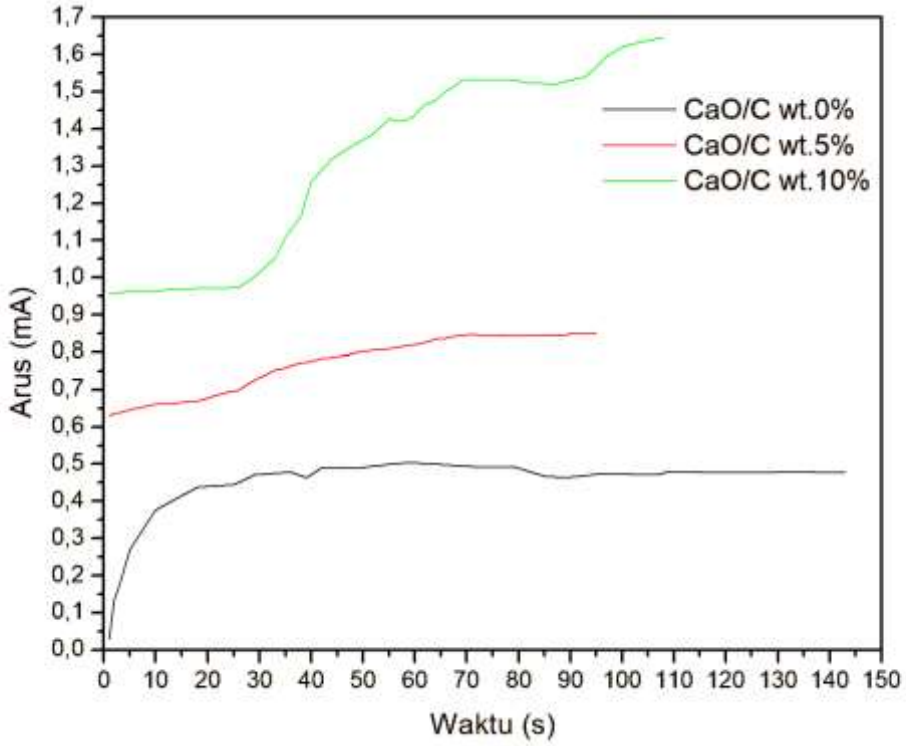


Gambar 2. Pola difrakri komposit CaO/karbon aktif.

Kapasitas baterai di ambil dari karakterisitk arus terhadap waktu pengisian dan pengosongan baterai, Karakterisitk arus terhadap waktu pengisian dan pengosongan baterai dengan berbagai variasi elktrolit di tunjukkan pada Gambar 3.



(a)



(b)

Gambar 3. Karakterisitik arus terhadap waktu elektrolit komposit CaO/C berbagai variasi, (a) pengisian baterai dan (b) pengosongan baterai.

Berdasarkan Gambar 3.a, secara umum nilai kuat arus mengalami penurunan seiring meningkatnya waktu pada proses pengisian baterai. Proses pengosongan baterai nilai kuat arus mengalami peningkatan seiring meingkatnya waktu. Hal tersebut sesuai dengan fenomena proses pengisian baterai, dimana pengisian baterai yang masih kosong akan memiliki beban yang besar di waktu awal sehingga memerlukan kuat arus yang tinggi. Hal ini juga terjadi pada tegangan yang perlahan naik menandakan terjadinya pengisian baterai hingga terjadi kenaikan secara signifikan, sedangkan kuat arus akan mengalami penurunan drastis seiring meningkatnya waktu. Hal ini terjadi dikarenakan adanya reaksi reduksi okidasi pada baterai [14]. Jumlah muatan akan bertambah seiring dengan meningkatnya tegangan pada sel baterai. Setelah mencapai tegangan puncak pengisian, muatan yang tersimpan dalam baterai mencapai kondisi kapasitas maksimum. Sebaliknya pengosongan baterai memiliki kuat arus yang rendah di waktu awal (Gambar 3.b). Hal ini disebabkan beban eksternal yang di berikan pada baterai. Seiring dengan meningkatnya waktu pengosongan baterai kuat arus akan meningkat pada beban ekternal pada baterai. Lamanya waktu pengosongan berbeda dengan durasi pengisian. Hal ini mengindikasikan bahwa nilai kuat arus tidak selalu memiliki nilai yang konstan. Selain itu, dipengaruhi oleh nilai beban ekternal baterai [15].

Kuat arus awal dan waktu akhir menentukan kapasitas pengisian baterai (*Cc*), sedangkan pengosongan (*Cd*) ditentukan dari kuat arus akhir. Secara lengkap, *Cc* dan *Cd* serta efisiensi (η) baterai ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Efisiensi baterai

Sampel Elektrolit	Pengisian Baterai			Pengosongan Baterai			η (%)
	I_{mak} (mA)	t_{mak} (h)	*Cc* (mA.h)	I_{mak} (mA)	t_{mak} (h)	*Cd* (mA.h)	
CaO/C wt.0%	3,25	0,12	0,39	0,48	0,05	0,02	6,15
CaO/C wt.5%	27,17	0,18	4,89	0,85	0,03	0,03	0,52
CaO/C wt.10%	15,44	0,20	3,09	1,65	0,03	0,05	1,60

Berdasarkan Tabel 1, Efisiensi baterai menggunakan elektrolit komposit CaO/C wt.0% memiliki nilai yang lebih tinggi di bandingkan dengan penambahan karbon aktif sebesar 5 dan 10 %.wt. Untuk penambahan karbon aktif pada

elektrolit komposit CaO/C sebesar 10 %.wt memiliki efisiensi yang lebih tinggi sebesar 1,6% di bandingkan CaO/C sebesar 5%. Ketiga elektrolit baterai tersebut menghasilkan efisiensi baterai kurang dari 60% [12].

4. KESIMPULAN

Penggunaan elektrolit padat komposit CaO/C adanya pengisian dan pengosongan pada baterai menggunakan elektroda tembaga dan seng. Efisiensi baterai yang tercapai masih kurang dari 60%, perlu adanya penelitian lanjut menggunakan elektrolit padat komposit CaO/C ke depannya. Efisiensi tertinggi baterai dengan elektrolit padat komposit CaO/C tanpa penambahan karbon aktif sebesar 6,15%, sedangkan dengan penambahan karbon aktif memiliki efisiensi baterai tertinggi pada CaO/C sebesar 10%, yaitu 1,60%. Menurut standar PT.SKDIR 0520-2.K/DIR/2014 PLN (persero) baterai di katakan baik memiliki efisiensi lebih dari 80%. Beberapa strategi yang bisa dipertimbangkan untuk peningkatan efisiensi baterai seperti optimasi komposisi material, peningkatan konduktivitas ionik, pengembangan teknologi elektroda, dll.

5. UCAPAN TERIMA KASIH (Jika ada)

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, dan Universitas Samudra yang telah memberikan dana penelitian ini. Penulis memperoleh dana melalui Program Penelitian tersebut berdasarkan surat keterangan nomor No. 652/UN54.6/PG/2023.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Iswahyudi. (2020). *Karakteristik Biofisik Kota Langsa, Aceh*. *7*(1), 31–41.

[2] Afrian, R., Islami, Z. R., Suciani, A., Rahmadi, M. T., Geografi, P. P., Samudra, U., & Barat, L. (2019). *PRODUK LAMPU HIAS cangkang padat cangkang tiram yang dihasilkan*. *1*(1), 50–55.

[3] Sutanto, N., & Samik, S. (2021). *Artikel Review: Pemanfaatan Katalis CaO Untuk Pembuatan Biodiesel Menggunakan Metode Transesterifikasi dari Non Edible Oil Article Review: Utilization of CaO Catalyst to Produce Biodiesel by Transesterification Method from Non-Edible Oil*. 46–55.

[4] Nisa, K., Putri, E., Nata, D., Zaidi, M., & Amiruddin, B. (2021). *Bio-Conch Shell Battery (BIO-CSB): Inovasi Baterai Ramah Lingkungan Dengan Memanfaatkan Limbah Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) Sebagai Bahan Alternatif Elektrolit pada Baterai Zinc-Carbon di Desa Banyusangkah Madura Guna Mendukung Future Eco-f*. *February 2022*, 0–6.

[5] Fahmi, A., Kurniawan, W. B., & Indriawati, A. (2022). Sintesis dan Karakteristik CaCO3 dari Cangkang Kerang Kepah (Polymesoda erosa) sebagai Doping Anoda Baterai Lithium-Ion. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, *2*(2), 26–30.

[6] Hambali, E. dan Rivai, M. (2017). The Potential of Palm Oil Waste Biomass in Indonesia in 2020 and 2030. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *65*(1), 67–72.

[7] Takarani, P., Yeheskel, Y., Kalapadang, D., & Mardiah, M. (2019). Pembuatan Baterai Seng Udara Dan Uji Performansi Dengan Perangkat Arduino. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi, Inovasi Dan Aplikasi Di Lingkungan Tropis*, *2*(1), 165–172.

[8] Zhao, Y., Zhang, Y., Bakenova, Z., & Bakenov, Z. (2015). Carbon/sulfur composite cathodes for flexible lithium/sulfur batteries: Status and prospects. *Frontiers in Energy Research*, *3*(FEB), 1–6.

[9] Gapur, A. (2014). *Pemanfaatan Cangkang Kerang Hijau, Kerang Darah, Dan Remis Sebagai Katalis Heterogen Untuk Produksi Biodiesel*.

[10] Ginting, N. R. B. (2018). Sintesis Litihium Mangan Oksida (LiMn2O4) Untuk Katoda Baterai Lithium Ion. *Departemen Fisika Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara Medan*, *Cmc*, 44–48.

[11] Hua, A. C. C., & Syue, B. Z. W. (2010). Charge and discharge characteristics of lead-acid battery and LiFePO4 battery. *2010 International Power Electronics Conference - ECCE Asia -, IPEC 2010*, *95*, 1478–1483.

[12] Andrian Nuril Ihsan. (2022). Analisis dan Efisiensi Kebutuhan Kapasitas Baterai 110 Volt DC Gas Insulated Switchgear (GIS) 150 KV Wonokromo Surabaya Andrian. *Braz Dent J.*, *33*(1), 1–12.

[13] Li, Q. H. dan H.-Y. (2007). Potassium Fluoride. *Hawley's Condensed Chemical Dictionary*, *7*, 1–3.

[14] Pranata, K. B., Sulistyanto, M. P. T., Ghufron, M., & Yusmawanto, M. (2019). Pengaruh Variasi Arus Pengisian Pengosongan Muatan Pada Model Baterai Lead Acid Terhadap Perubahan Efisiensi Energi. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah isika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, *16*(1), 42.

[15]Rahmawan, Z. (2018). Estimasi State of Charge (Soc) Pada Baterai Lead-Acid Dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting Pada PV Hybrid. *Its*, *0 Surabaya*, 123.