Analisis Nilai Kapasitansi Komposit Lithium Besi Oksida (Li_5FeO_4) dan Karbon Aktif Kulit Biji Mete sebagai Bahan Dasar Elektroda Baterai Lithium: Efek Variasi Massa

Ahmad ^{1)*}, Erniwati ²⁾, Vivi Hastuti Rufa Mongkito ²⁾

^{1)*} Alumni Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo

²⁾ Dosen Jurusan Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Halu Oleo

*Email: ahmadphysic016@gmail.com

Abstrak: Penelitian tentang pembuatan bahan elektroda baterai lithium dari komposit Li_5FeO_4 dengan karbon aktif kulit biji mete telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya. Tetapi, dalam penelitian tersebut tidak ditinjau efek dari penambahan karbon aktif pada bahan elektroda baterai lithium. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan komposisi massa Li_5FeO_4 dan karbon aktif kulit biji mete terhadap nilai kapasitansi bahan dasar elektroda baterai lithium. Bahan dasar elektroda ini dikembangkan dengan menggunakan metode solid state suhu tinggi. Bahan yang digunakan adalah besi oksida Fe_2O_3 dari pasir besi dan $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$ yang dihomogenkan dengan temperature sintering 850°C selama 15 jam dengan perbandingan komposisi 6/1 untuk menghasilkan Li_5FeO_4 . Kemudian Li_5FeO_4 dikompositkan dengan karbon aktif kulit biji mete dengan fraksi massa karbon aktif sebesar 20%, 40%, 50% dan 60%. Selanjutnya dikarakterisasi menggunakan cyclic voltammetry. Hasil karakterisasi cyclic voltammetry untuk fraksi massa 60% menghasilkan kapasitansi sebesar 4,7 F/g, fraksi massa 50% menghasilkan kapasitansi sebesar 59,1 F/g, fraksi massa 40% menghasilkan kapasitansi sebesar 87,3 F/g, dan fraksi massa 20% menghasilkan kapasitansi sebesar 243 F/g. Dari keempat variasi fraksi massa, kapasitansi yang memenuhi kapasitansi elektroda baterai lithium di pasaran adalah fraksi massa karbon aktif 20%.

Kata Kunci: Li_5FeO_4 , Karbon Aktif Kulit Biji Mete, Metode Solid State Suhu Tinggi, Siklik Voltametri

Abstract: Previous researchers have investigated the manufacture of lithium battery electrode materials from Li_5FeO_4 composites with activated carbon of cashew nutshells. However, the effect of combining activated carbon to the lithium battery electrode material was not reviewed. The purpose of this study was to determine the effect of the comparison of the mass composition of Li_5FeO_4 and cashew nut shell active carbon on the capacitance value of the lithium battery electrode. These electrodes generated using the high-temperature solid-state method. The material used is iron oxide Fe_2O_3 from iron sand and $\text{LiOH}\cdot\text{H}_2\text{O}$, which homogenized with a sintering temperature of 850°C for 15 hours with a ratio of 6/1 to produce Li_5FeO_4 . Then Li_5FeO_4 was compiled with activated carbon of cashew nut shells with a mass fraction of activated carbon 60%, 50%, 40%, and 20%. Furthermore, it characterized using cyclic voltammetry. The results of cyclic voltammetry characterization for a mass fraction of 60% produce a capacitance of 4.7 F / g, a mass fraction of 50% produces a capacitance of 59.1 F / g, a mass fraction of 40% produces a capacitance of 87, 3 F / g, and a mass fraction of 20% produces capacitance of 243 F / g. From the four variations of mass fraction, the capacitance that meets the lithium battery electrode capacitance on the market is the mass fraction of 20%.

Keyword: Li_5FeO_4 , Fe_2O_3 , Activated Carbon Cashew Nut Shells, High Temperature Solid State Method, Cyclic Voltammetry

PENDAHULUAN

Baterai lithium merupakan salah satu jenis baterai yang terus dikembangkan hingga saat ini. Sejak pertama kali diluncurkan oleh Sonny pada tahun 1991, baterai lithium menjadi sumber energi listrik yang paling banyak digunakan (Rao, 2013). Penggunaannya tidak hanya pada peralatan elektronik skala kecil seperti jam, handphone dan laptop tetapi juga pada peralatan listrik skala besar seperti kendaraan listrik. Hal ini karena kelebihan yang dimiliki baterai lithium-ion dibandingkan dengan baterai jenis lainnya. Kelebihan yang dimilikinya adalah beda potensial tinggi, densitas energi yang tinggi, kapasitas spesifik yang

tinggi dan lifecycle yang panjang (500-1000 siklus), (Allison, 2015; Ahmad et al. 2019). Komponen utama baterai lithium yaitu elektroda telah banyak dikembangkan melalui proses sintesis seperti lithium mangan oxide (LiMn_2O_4) lithium cobalt oxide (LiCoO_2) dan lithium iron phosphate (LFP) (Hamid, 2012). Selain itu, dikembangkan lagi elektroda baterai Li-Ion jenis Li_5FeO_4 dari material besi oksida (Fe_2O_3) menjadi elektroda untuk baterai lithium sekunder (rechargeable). Jika dibandingkan dengan elektroda baterai Li-Ion dari material utama Co, Ni, Mn dan P, Li_5FeO_4 memiliki keunggulan karena ketersediaannya yang melimpah, murah, ramah lingkungan dan memiliki

stabilitas termal yang lebih besar. Serbuk besi oksida lithium (Li_5FeO_4) bisa dihasilkan dari sintesis LiOH , H_2O dan Fe_2O_3 menggunakan metode solid state suhu tinggi. Bahan-bahan ini mudah didapatkan dan bisa disintesis dari bahan alam. Elektroda jenis Li_5FeO_4 memiliki kapasitansi yang sangat besar. Berdasarkan penelitian sebelumnya telah diperoleh elektroda Li_5FeO_4 dengan penambahan karbon aktif sebanyak 10% menghasilkan kapasitansi spesifik sebesar 200 F/g, tegangan yang besar yaitu sekitar 1,5 Volt (Rahardjo, 2015). Penambahan karbon aktif pada elektroda baterai lithium bertujuan untuk meningkatkan konduktivitas listrik baterai lithium. Karbon aktif juga dapat ditambahkan pada elektroda baterai lithium yang terbuat dari bahan selain grafit. Seperti lithium titanat ($\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$) yang memiliki konduktivitas rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan karbon sintesis jenis MWCNT, (Subhan, 2015). Namun, penggunaan karbon sintesis memiliki harga yang mahal dan tidak ramah lingkungan (Adrianto et al. 2019). Sebagai alternatifnya karbon sintesis dapat diganti dengan karbon alami yang

berasal dari biomassa. Salah satu sumber karbon yang dapat dijadikan sebagai karbon aktif pengganti karbon sintesis adalah kulit biji mete. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Anas (2015) kandungan karbon dari kulit biji mete sebanyak 95,56%. Karbon aktif kulit biji mete dapat menjadi alternatif pengganti karbon sintesis untuk meningkatkan konduktivitas listrik pada elektroda baterai litium. Sebagaimana yang dilakukan Amin (2019) telah berhasil membuat bahan elektroda baterai jenis Li_5FeO_4 dari ekstrak pasir besi dan karbon aktif kulit biji mete menghasilkan nilai kapasitansi sebesar 58 F/g. Akan tetapi, dalam penelitian sebelumnya belum diteliti pengaruh komposisi massa karbon aktif terhadap nilai kapasitansi spesifik baterai litium.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2019 sampai selesai bertempat di laboratorium Jurusan Pendidikan Kimia. Prosedur Penelitian

a. Bagan Alir Prosedur Penelitian

Gambar 1. Bagan Alir Pembuatan Bahan Elektroda Baterai Li-Ion Li_5FeO_4

b. Pembuatan Arang Aktif

Kulit biji mete dicuci menggunakan aquades lalu dijemur dibawah sinar matahari hingga kering. Lalu dikarbonasi menggunakan tabung porolisis dengan suhu 450°C selama 9 jam. Selanjutnya digerus menggunakan mortar dan diayak menggunakan ayakan 200mesh. Tahap selanjutnya dilakukan aktivasi menggunakan tanur dengan suhu 700°C selama 30 menit untuk membuka permukaan pori dari arang kulit biji mete dan memisahkannya dari pengotor-pengotornya.

c. Sintesis Fe_2O_3 dari Pasir Besi

Merujuk pada penelitian Rajab (2013), proses sintesis Fe_2O_3 dari pasir besi dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Timbang serbuk pasir besi sebanyak 30 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dicampur dengan 100 mL HCl (37%).
- 2) Lakukan stirer selama 60 menit dengan suhu 70°C yang dijaga konstan.
- 3) Saring larutan hasil stirer menggunakan kertas saring untuk diambil filtratnya, sedangkan residu hasil saringan dibuang.
- 4) Masukkan larutan NH_4OH 6 Molaritas sebanyak 50 mL ke dalam gelas kimia kemudian ditambahkan filtrat pasir besi dari larutan HCl sambil diaduk menggunakan pengaduk magnetik dengan suhu konstan 70°C .
- 5) Saring larutan dari hasil pengadukan tersebut lalu diambil residunya.
- 6) Cuci residu hasil saringan dengan aquades hingga bersih.
- 7) Panaskan dalam oven dengan suhu 105°C hingga kering, maka diperoleh serbuk Fe_2O_3 .

d. Pembuatan Li_5FeO_4

Merujuk pada penelitian Rahadjo (2015) dan Amin

(2019), untuk membuat sintesis Li_5FeO_4 yang dilakukan adalah

- 1) Memperhitungkan massa masing-masing bahan $\text{LiOH} : \text{Fe}_2\text{O}_3$ dengan perbandingan 6:1. Untuk memperoleh perbandingan yang tepat maka dibutuhkan stoikiometri yang benar seperti berikut:

- 2) Selanjutnya, melarutkan LiOH dalam bentuk serbuk kedalam H_2O (aquades). Setelah proses pelarutan, serbuk LiOH terikat dengan air sehingga menjadi $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$. Lalu, mencampurkan Fe_2O_3 kedalam larutan $\text{LiOH} \cdot \text{H}_2\text{O}$ sesuai massa hasil perbandingan.
- 3) Sampel kemudian dipanaskan menggunakan tanur pada suhu 850°C

e. Pembuatan Bahan Elektroda $\text{Li}_5\text{FeO}_4/\text{C}$

Metode pembuatan katoda baterai Li-Ion Li_5FeO_4 ini merujuk pada penelitian Rahadjo (2015) sebagai berikut:

- 1) Hitung persen berat (wt%) pada setiap bahan yang dibutuhkan seperti Li_5FeO_4 , Polyvinyl Alcohol (PVA) dan karbon aktif kulit biji mete.
- 2) Campur Li_5FeO_4 dan karbon aktif kulit biji mete, dimana fraksi massa karbon aktif yang digunakan sebesar 60%, 50%, 40%, dan 20%.
- 3) Tambahkan PVA untuk merekatkan campuran antara Li_5FeO_4 dan karbon aktif sebanyak 10% dari massa total.
- 4) Panaskan campuran tersebut pada suhu 170°C selama 5 jam.
- 5) Masukkan sampel yang telah kering ke dalam silinder kaca berukuran berdiameter 2 mm dan panjang 8 cm yang telah dipasang bersama kawat tembaga seperti pada gambar berikut.

Gambar 2. Pengisian Sampel dalam Tabung Kaca

f. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini adalah Karakterisasi elektrokimia menggunakan *cyclic*

voltammetry dan metode four point probe. Alat *ciclyc voltametri* dapat ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 3. *Ciclyc Voltammetry*

Pengujian *Ciclyc Voltammetry* ini yang bertujuan untuk melihat adanya reaksi oksidasi dan reduksi yang terbentuk pada sampel dan menentukan besar nilai kapasitansi listrik.

Data yang diperoleh berupa grafik voltammogram, yaitu kurva potensial (V) terhadap arus (A). Nilai kapasitansi listrik katoda dapat diperoleh dengan persamaan:

$$C_{sp} = \frac{I_{masuk} - I_{keluar}}{sm} \dots \dots \dots (1)$$

Ket:

C_{sp} = Kapasitansi spesifik (F)

I = Arus listrik (A)

s = laju scan rate (mV/s)

m = massa katoda (gram)

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian analisis nilai kapasitansi komposit Li_3FeO_4 dan karbon aktif kulit biji mete ditampilkan dalam bentuk gambar kurva voltammogram dan tabel kapasitansi spesifik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 9 dan Tabel 1.

1. Voltammogram Kapasitansi Komposit Li_3FeO_4 dan Karbon Aktif Kulit Biji Mete
 - a. Voltammogram Elektroda Baterai Lithium dengan Fraksi Massa Karbon Aktif 60%

Gambar 4. Voltammogram Elektroda Baterai Lithium dengan fraksi massa Karbon Aktif 60%.

b. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan Fraksi Massa Karbon Aktif 50%

Gambar 5. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan fraksi massa Karbon Aktif 50%

c. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan Fraksi Massa Karbon Aktif 40%

Gambar 6. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan fraksi massa Karbon Aktif 40%

d. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan Fraksi Massa Karbon Aktif 20%

Gambar 7. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan fraksi massa Karbon Aktif 20%

- e. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan Fraksi Massa Karbon Aktif 60%, 50%, 40%, dan 20%

Gambar 8. Voltamogram Elektroda Baterai Lithium dengan fraksi massa Karbon Aktif 60%, 50%, 40%, dan 20%

2. Hubungan Fraksi Massa Karbon Aktif Kulit Biji Mete dengan Kapasitansi Listrik

Gambar 9. Hubungan antara Fraksi Massa Karbon Aktif Kulit Biji Mete dengan Kapasitansi Listrik

3. Kapasitansi Spesifik Komposit Li_5FeO_4 dan Karbon Aktif Kulit Biji Mete
- Tabel 4.1. Nilai Hasil Voltamogram Elektroda Baterai Lithium $\text{Li}_5\text{FeO}_4/\text{C}$ dengan Fraksi Massa Karbon Aktif Kulit Biji Mete 60%, 50%, 40% dan 20%

Fraksi Massa Karbon Aktif	Potensial Peak Anodik/Epa (V)	Potensial Peak Cathodik/Epc (V)	Arus Peak Anodik/Ipa (A)	Arus Peak Cathodik/Ipc (A)	C (F/g)
60%	$5,6 \times 10^{-2}$	1×10^{-1}	$2,13 \times 10^{-6}$	$2,84 \times 10^{-6}$	4,7
50%	$-1,1 \times 10^{-1}$	$1,32 \times 10^{-1}$	$-2,65 \times 10^{-5}$	$-1,77 \times 10^{-5}$	59,1
40%	7×10^{-3}	$1,47 \times 10^{-1}$	$-2,24 \times 10^{-5}$	$-9,25 \times 10^{-6}$	87,3
20%	4×10^{-2}	$1,58 \times 10^{-1}$	$-3,3 \times 10^{-5}$	$3,31 \times 10^{-6}$	243

PEMBAHASAN

Kurva voltamogram pada Gambar 4.1 menunjukkan kurva $\text{Li}_5\text{FeO}_4/\text{C}$ dengan fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 60%. Kurva voltamogram yang dihasilkan dengan fraksi massa 60% memiliki lebar kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) yang kecil. Kurva arus charge (I_c) ditunjukkan oleh kurva melengkung terbuka ke bawah. Kurva ini disebut juga kurva arus anodik karena arus yang terukur selama pengisian adalah arus anodik, (Chen dkk, 2019). Sedangkan kurva arus discharge (I_d) ditunjukkan oleh kurva yang melengkung terbuka ke atas. Kurva ini disebut

juga sebagai kurva arus katodik karena arus yang terukur selama proses pengosongan adalah arus katodik, (Chen dkk, 2019). Kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) memiliki bentuk yang tidak simetris. Hal ini menunjukkan bahwa reaksi yang terjadi bersifat irreversibel (Hanfeng dkk, 2014). Bentuk kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) yang tidak dapat kembali ke posisi semula semakin memperkuat bahwa reaksi yang terjadi bersifat irreversibel (Rahardjo & Supardi, 2015). Reaksi yang terjadi bersifat irreversibel dipengaruhi oleh kinetika transfer elektron yang berlangsung lambat (Syafindra dkk,

2017) akibat terbentuknya porositas pada bahan elektroda baterai lithium (Alim dkk, 2017). Munculnya porositas disebabkan sampel yang dibuat masih dalam bentuk serbuk dan tidak dipadatkan. Sehingga, bahan dasar elektroda baterai lithium yang dihasilkan hanya dapat dijadikan sebagai baterai lithium primer.

Selanjutnya kurva voltamogram pada Gambar 4.2 merupakan kurva voltamogram dengan komposisi massa yang sama antara Li_5FeO_4 dan karbon aktif kulit biji mete dimana fraksi massa kulit biji mete 50%. Lebar kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) yang dihasilkan lebih besar dari kurva voltamogram pada fraksi massa 60%. Lebar kurva voltamogram menunjukkan besar kecilnya nilai kapasitansi yang dihasilkan. Voltamogram dengan kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) yang paling luas mengindikasikan nilai kapasitansi spesifik yang besar (Taer dkk, 2015). Berdasarkan grafik voltamogram menunjukkan bahwa fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 50% memiliki nilai kapasitansi yang lebih besar dibandingkan dengan fraksi massa 60%.

Bertambahnya lebar kurva voltamogram dipengaruhi oleh komposisi Li_5FeO_4 . Dapat dilihat kurva voltamogram pada Gambar 4.3 yang merupakan gambar kurva voltamogram hasil siklus voltametri dengan komposisi massa Li_5FeO_4 lebih banyak dari karbon aktif dimana fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 40% memiliki lebar kurva voltamogram lebih besar daripada kurva dengan fraksi massa 50% maupun fraksi massa 60%. Begitu juga dengan kurva voltamogram pada Gambar 4.4 yang merupakan kurva voltamogram hasil siklus voltametri dengan komposisi massa Li_5FeO_4 terbanyak yaitu sebanyak 80%. Sehingga dari keempat kurva voltamogram, kurva dengan fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 20% termasuk voltamogram dengan lebar kurva arus charge (I_c) dan arus discharge (I_d) yang lebih besar diantara semua fraksi massa. Jumlah komposisi massa Li_5FeO_4 mempengaruhi besar kecilnya lebar kurva voltamogram. Semakin banyak komposisi massa Li_5FeO_4 maka lebar kurva yang dihasilkan juga akan semakin besar. Keempat kurva voltamogram tersebut memiliki bentuk yang hampir sama yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 yang menampilkan kurva voltamogram untuk semua fraksi massa. Menurut Nursiti (2018), tipe grafik yang sama menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan tidak mempengaruhi kestabilan elektroda.

Hubungan antara fraksi massa komposit Li_5FeO_4 dan karbon aktif kulit biji mete ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.6. Pada Gambar 4.6 menampilkan hubungan karbon aktif kulit biji mete dengan kapasitansi listrik bahan elektroda baterai lithium. Kurvanya turun seiring bertambahnya komposisi karbon aktif kulit biji mete. Kondisi terbalik semakin bertambah jumlah Li_5FeO_4 atau berkurangnya komposisi karbon aktif kulit biji mete maka nilai kapasitansi spesifik elektroda baterai lithium semakin bertambah. Sehingga, penambahan karbon aktif tidak menambah nilai kapasitansi listrik elektroda baterai lithium yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 6, nilai kapasitansi bahan elektroda baterai lithium yang paling kecil terdapat pada fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 60% yaitu sebesar 4,7 F/g, untuk fraksi massa 50% memiliki kapasitansi sebesar 59,1 F/g, untuk fraksi massa 40% memiliki kapasitansi sebesar 87,3 F/g, dan untuk fraksi massa 20% memiliki kapasitansi sebesar 243 F/g. Nilai kapasitansi bahan elektroda baterai lithium bertambah besar seiring bertambahnya komposisi massa Li_5FeO_4 . Jika dibandingkan dengan kapasitansi baterai lithium jenis handphone Advan S5E 4G yang memiliki kapasitansi sebesar 2200 mAh, tegangan 3,8 volt, dan bermassa 10 gram atau setara dengan 208,4 F/g, maka fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 20% telah setara dengan kapasitansi baterai lithium yang dijual dipasaran.

KESIMPULAN DAN SARA

Hasil karakteristik siklus voltametri menunjukkan bahwa variasi massa komposit Li_5FeO_4 dan karbon aktif mempengaruhi nilai kapasitansi elektroda baterai lithium yang dihasilkan. Nilai kapasitansi bahan elektroda baterai lithium semakin bertambah besar seiring bertambahnya komposisi massa Li_5FeO_4 . Nilai kapasitansi yang paling kecil terdapat pada fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 60%, sedangkan nilai kapasitansi yang paling besar terdapat pada fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 20%. Dari keempat fraksi massa, yang memiliki nilai kapasitansi yang paling besar dan setara dengan kapasitansi baterai lithium yang dijual dipasaran adalah pada fraksi massa karbon aktif kulit biji mete 20%. Dalam penelitian ini hanya dilakukan satu kali sweep sehingga perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan mengkompositkan karbon aktif kulit biji mete dan Li_5FeO_4 dengan menambah jumlah sweep pada karakterisasi *Cyclic Voltammetry* untuk mengetahui performa bahan elektroda baterai lithium. Proses pembuatan bahan elektroda baterai lithium perlu dipadatkan terlebih dahulu sebelum diuji nilai kapasitansinya untuk mengurangi terbentuknya porositas pada sampel yang dapat mempengaruhi kecepatan transfer elektron saat reaksi redoks terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adrianto, N., Mongkito, V. H. R., Fayanto, S., Anas, M., & Eso, R. 2019. Characterization of activated charcoal from sugar palm bunches (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr) and the application as adsorbent lead (Pb), copper (Cu) and chrome (Cr) in solution. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1321, No. 2, p. 022002). IOP Publishing.
- Ahmad, Undu, M. A. A., Ahmanas, S. R., Erniwati, & Fayanto, S. 2019. Utilization of iron sand and activated carbon of cashew nut shell as a material basic of lithium battery. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2169, No. 1, p. 060001). AIP Publishing LLC.
- Alim, MI, Dina, M, Anita, DA, & Diky, A. 2017. Uji Konduktivitas Termal Material Non Logam. *Laporan Praktikum Laboratorium Fisika Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember*

- Allison-Bruce, SA, & Abumere, OE. 2015. Microwave Assisted Hydrothermal Synthesis of LiFePO_4/C Composite Cathode Material for Lithium-Ion Batteries. *Department of Physics, University of Port Harcourt*. Port Harcourt.
- Amin, Y. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Katoda Baterai Lithium Li_5FeO_4 Berbahan Baku Fe_2O_3 dari Pasir Besi dan Karbon Aktif Kulit Biji Mete. *Skripsi*. Universitas Halu Oleo.
- Anas, M, Jahiding, M, Ratna, Hasanah, A, Kurniadi, D. 2014. Analisis Ultimate dan Sifat Struktur Arang Aktif dari Kulit Biji Mete: Pengaruh Temperatur Aktivasi. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVIII HFI Jateng & DIY*. Yogyakarta. ISSN: 0853-0823.
- Chen, Y, Yulan, T, Yunzhong, Q, Zhifang, L, Huanhuan, H, Baojun, L, & Huaqiang, C. 2019. Synthesis and Superior Cathode Performance of Sandwiched $\text{LiMn}_2\text{O}_4/\text{rGO}$ Nanocomposites for Lithium-Ion Batteries. *Materials Today Advance*. Vol. 1.
- Hanfeng, L, Wei, C, Yiwen, Y, Zhoucheng, W, & Yong, Y. 2014. Hydrothermal synthesis, self-assembly and electrochemical performance. *Ceramics International*. hh.10283-10290.
- Nursiti, Ersita, RW, Ayu, WS, Supriyono, & Rama, O. 2018. Elektrosintesis Nanokomposit $\alpha\text{-MnO}_2/\text{C}$ dan Fabrikasinya untuk Aplikasi Superkapasitor. *Jurnal Chemurgy*. Vol. 2. No. 1
- Panasonic, 'Lithium-ion Batteries : Models', dilihat tanggal 18 Juli 2020 < <https://industrial.panasonic.com> >
- Rahardjo, RrAR, & Supardi, ZAI. 2015. Sintesis dan Karakterisasi Material Li_5FeO_4 , PVDF (PolyvinylideneFluoride) dan Karbon Aktif dengan Aktivasi HCl sebagai Katoda Baterai Li-Ion. *Jurnal Fisika*. Vol. 04. No. 01. hh. 23 – 26.
- Rajab. 2017. Sintesis Nanopartikel Manganese Ferrite (MnFe_2O_4) Berbasis Pasir Besi Dan Mangan Alam Dengan Metode Reaksi Padatan. *Skripsi*. Universitas Halu Oleo
- Rao, MC. 2013. Improving Electrochemical Performance of Lithium-Ion Batteries using LiMn_2O_4 Cathodes. *J. Chem. Bio, Phy. Sci. Sec.C*. Vol. 1
- Subhan, A, Endang, S, Ramlan, Tiara, HU. 2015. Efek Penambahan Bahan Aditif MWCNT dan Acetylene Black (AB) pada Komposit $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$ sebagai Bahan Anoda untuk Baterai Li-Ion. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. Vol. 16, No. 2.
- Syafindra, D, Esmar, B, & Iwan, S. 2017. Rancang Bangun Sistem Potensiostat Menggunakan Arduino Uno. *Prosiding SNIPS*. ISBN: 978-602-61045-2-6
- Taer, E, Zulkifli, Sugianto, R, Syech, R, & Taslim. 2015. Analisa Siklis Voltametri Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon Aktif dari Kayu Karet berdasarkan Variasi Aktivator KOH. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*. Vol. 4