

## PENGUJIAN KINERJA BATERAI LITHIUM ION BERBASIS BATANG KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*) DITINJAU DARI VARIASI BINDER, JENIS ELEKTROLIT DAN PEMAKAIAN EMULSI

Felicia Samantha<sup>1</sup>, Sri Haryati<sup>2</sup>, Nirwan Syarif<sup>3</sup>

[feliciasamantha81@gmail.com](mailto:feliciasamantha81@gmail.com), [sriharyati@ft.unsri.ac.id](mailto:sriharyati@ft.unsri.ac.id), [nsyarif@unsri.ac.id](mailto:nsyarif@unsri.ac.id)

### Abstrak

Baterai lithium ion adalah baterai yang dapat diisi ulang dan bergerak dari elektroda negatif ke positif saat dilepaskan. Pada komponen baterai lithium ion terdapat bagian elektroda. Bagian tersebut berfungsi sebagai tempat menyimpan energi serta tempat terjadinya reaksi kimia. Pemanfaatan karbon dari sumber-sumber alam seperti sumber hayati maupun limbah industri sudah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya. Seperti pemanfaatan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sebagai elektroda menghasilkan daya tertinggi sebesar 0,143 W dengan menggunakan media elektrolit cair 40% dan binder *Polyurethane* (PU). Pada penelitian ini digunakan variasi jenis elektrolit LiCl dan Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, jenis binder PU dan *refill* tinta dan penambahan emulsi TEA untuk meningkatkan kinerja baterai. Baterai dengan elektrolit Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 40% dan menggunakan binder tinta serta penambahan emulsi memiliki nilai daya dan energi tertinggi yaitu sebesar 2,4x10<sup>-5</sup> W dan 2,2x10<sup>-6</sup> W.h.

**Kata kunci:** Baterai lithium; Kangkung air; Karbon; Hidrotermal; Pirolisis

### Abstract

*A lithium ion battery is a rechargeable battery and moves from the negative to the positive electrode when discharged. In the lithium ion battery component there is an electrode section. This section serves as a place to store energy and a place for chemical reactions to occur. The use of carbon from natural sources such as biological sources and industrial waste has been widely used by previous researchers. For example, the use of water spinach (*Ipomoea aquatica*) as an electrode produces the highest power of 0.143 W using 40% liquid electrolyte media and Polyurethane (PU) binder. In this study, various types of LiCl and Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolytes, PU binders and ink refills were used, and the addition of TEA emulsion to improve battery performance. Batteries with 40% Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> electrolyte and using ink refills binder and the addition of emulsion have the highest power and energy values of 2,4x10<sup>-5</sup> W dan 2,2x10<sup>-6</sup> W.h.*

**Keywords:** Lithium Battery; Water Spinach; Carbon; Hydrothermal; Pyrolysis

## **Pendahuluan**

Di era globalisasi saat ini, ada beragam penggunaan alat elektronik yang menunjang dalam kegiatan setiap harinya seperti *handphone*, laptop, atau *gadget* lainnya. Hal tersebut menyebabkan perlunya sesuatu yang dapat menyimpan energi yang lebih besar salah satunya baterai. Salah satu jenis baterai yang digunakan pada alat elektronik seperti gadget dan lainnya yaitu baterai lithium ion. Baterai lithium ion adalah baterai yang dapat diisi ulang dan bergerak dari elektroda negatif ke positif saat dilepaskan. Pada komponen baterai lithium ion terdapat bagian elektroda. Bagian tersebut berfungsi sebagai tempat menyimpan energi serta tempat terjadinya reaksi kimia.

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) adalah salah satu jenis tumbuhan yang berpotensi dijadikan karbon untuk baterai. Kangkung ini tergolong tumbuhan hama karena kandungan berupa merkuri, arsen, seng, tembaga dan nikel yang berasal dari sumber tempat tumbuhnya tanaman ini. Pemanfaatan karbon dari sumber-sumber alam seperti sumber hayati maupun limbah industri sudah banyak digunakan oleh peneliti sebelumnya. Seperti pemanfaatan kangkung air (*Ipomoea aquatica*) sebagai elektroda menghasilkan daya tertinggi sebesar 0,143 W dengan menggunakan media elektrolit cair 40% dan binder *Polyurethane* (PU) menghasilkan daya tertinggi sebesar  $1,43 \times 10^{-1}$  W (Ingried, 2020). Akan tetapi nilai arus yang dihasilkan dari penelitian tersebut masih fluktuatif terhadap kenaikan konsentrasi elektrolit sehingga menyebabkan baterai mudah teroksidasi. Oleh karena itu, pada penelitian kali ini akan dianalisis daya optimum yang dihasilkan dari pembuatan baterai kancing dengan menggunakan variasi elektrolit dan binder serta penambahan emulsi. Setelah mengetahui daya optimum yang dihasilkan maka akan dianalisis juga faktor apa yang memengaruhi besar daya dan energi yang dihasilkan dari pembuatan baterai kancing.

## **Metode Penelitian**

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa serbuk karbon dari batang kangkung air sebagai anoda, serbuk  $\text{LiTiO}_2$  sebagai katoda, LiCl Merck,  $\text{Li}_2\text{SO}_4$ , KOH p.a Riedel de Haen, lembaran tembaga Polyurethane (PU), Triethanolamine (TEA), dan refill tinta *Snowman*. Sedangkan peralatan utama yang mendukung pemuatan baterai kancing ini adalah Oven Elextrolux EOT 3000, reaktor hidrotermal, *Microwave sharp* R-249IN, *X-ray Diffraction* (XRD) Rigaku Miniflex 600 dengan radiasi  $\text{CuK}\alpha$ , *Scanning Electron*

*Microscopic* (SEM) tipe JSM 6510 A/JSM 6510LA, *Fourier Transfer Infra-Red Method* (FT-IR) Shimadzu dan Potentiostat Dummycell 2.

Preparasi katoda dilakukan dengan cara melarutkan 8,4 gram lithium klorida (LiCl) ke dalam air terdeionisasi sebanyak 40 ml. Larutan tersebut kemudian dicampurkan dengan 0,4 gram TiO<sub>2</sub> dan 0,1 gram NaOH. Kemudian, campuran tersebut ditempatkan kedalam sebuah reaktor hidrotermal dan dipanaskan dengan suhu 180°C dalam tungku selama 24 jam. Sedangkan untuk preparasi anoda dilakukan dengan cara mencampurkan karbon batang kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan Poliurethana sehingga berbentuk pasta.

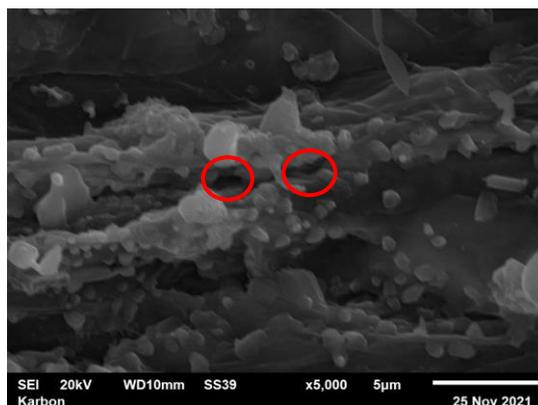
Kemudian campuran yang telah berbentuk pasta tersebut dilapiskan pada permukaan tembaga dengan menggunakan alat *doctor blade*. Hasil yang didapat berupa anoda untuk baterai. Perlakuan yang sama juga dilakukan untuk anoda dengan campuran karbon kangkung air (*Ipomoea aquatica*) dan *refill* tinta serta tambahan emulsi berupa Triethanolamine (TEA).

Pembuatan baterai dilakukan dengan cara menyusun separator yang terdiri dari lembar HVS 80gr dan aplikator serta menyiapkan anoda dan katoda. Setelah separator, anoda dan katoda disiapkan maka ketiganya dimasukkan ke dalam selongsong. Kemudian menyiapkan variasi elektrolit berupa LiCl dan Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> masing-masing konsentrasinya 40% untuk dicampur dengan pengemulsi Triethanolamine (TEA). Elektrolit kemudian diisikan ke dalam baterai dengan cara menyuntikkan larutan elektrolit dan dilanjutkan dengan pengepresan. Perlakuan yang sama juga dilakukan terhadap baterai yang tidak ada penambahan emulsi TEA. Setelah semua baterai dibuat, dilanjutkan dengan pengukuran kinerja baterai yaitu pengukuran *Cyclic Voltametry* dan *Galvanostatic Charging-Discharging* (GCD).

## **Hasil dan Pembahasan**

### **Analisis SEM (*Scanning Electrochemical Methode*)**

Untuk mengetahui karakterisasi morfologi pada baterai, dilakukan metode berupa *Scanning Electron Microscope* (SEM). *Scanning Electron Microscope* (SEM) merupakan sejenis mikroskop yang menggunakan electron sebagai pengganti cahaya untuk melihat benda dengan resolusi tinggi. Tujuan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) adalah untuk mengetahui mikrostruktur pada elektroda. Kinerja pada alat ini memanfaatkan gelombang electron yang dipancarkan.



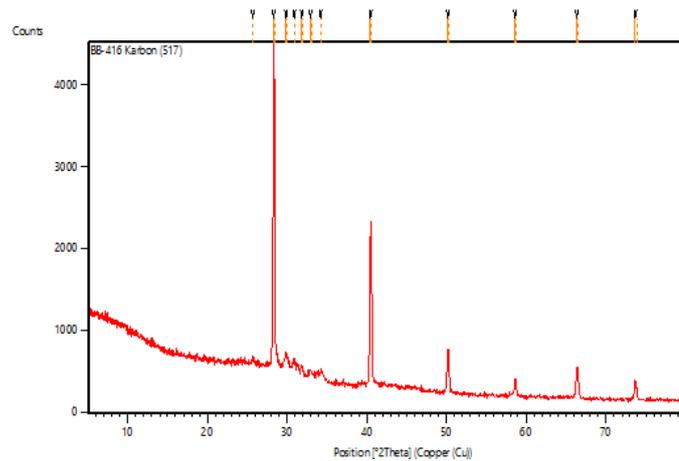
Gambar 1. Morfologi Pori Karbon Batang Kangkung Air dengan Perbesaran 5000 kali  
 Pada gambar diatas dapat dilihat bahwa pori-pori yang terdapat pada karbon memiliki ukuran yang bervariasi yaitu antara ukuran 0,7 – 5 µm. Pori-pori ini dibutuhkan untuk menangkap dan melepas ion Li+. Terbentuknya pori-pori ini terjadi karena pengaruh panas saat proses pirolisis, sehingga terjadi penguraian senyawa organik pada karbon. Karbon yang dihasilkan pada proses pirolisis juga diuji kandungannya menggunakan EDX yang merupakan bagian dari alat SEM seperti dibawah ini.

Tabel 1. Kandungan Karbon Batang Kangkung Air

Unsur	Simbol	Nomor Atom	% Atom
Karbon	C	16	76,78
Oksigen	O	8	15,31
Natrium	Na	11	0,47
Klorin	Cl	17	2,23
Kalium	K	19	4,48
Kalsium	Ca	20	0,30
Molibdenum	Mo	42	0,29
Tantalum	Ta	73	0,14

#### **Analisis X-Ray Diffraction Method (X-RD)**

Karakterisasi kristalografi pada baterai menggunakan alat *X-Ray Diffraction Method* (XRD). Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi fase kristalin suatu material dan untuk mendapatkan ukuran partikel serta menganalisis komposisi suatu fasa ataupun senyawa pada suatu material dan karakterisasi kristal. Berikut hasil spektrum XRD dari penelitian ini.

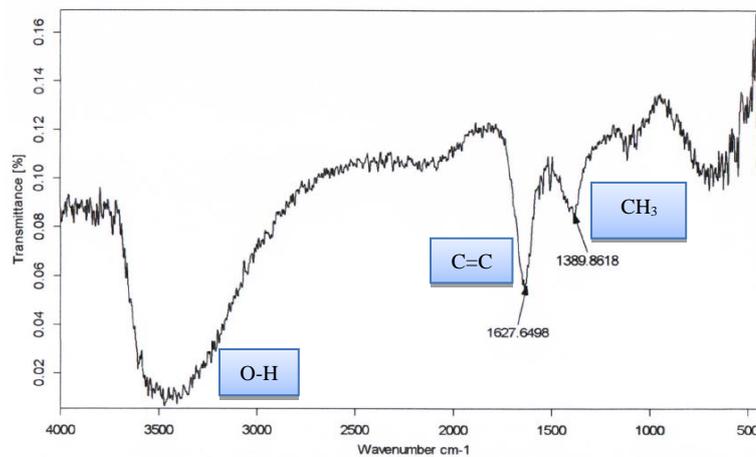


Gambar 2. Spektrum X-RD Karbon Batang Kangkung Air

Berdasarkan spektrum XRD pada karbon batang kangkung air menghasilkan puncak tertinggi pada puncak ke-1 dan ke-2. Puncak ke-1 pada sudut  $28,33^\circ$  menghasilkan tinggi puncak sebesar 1000 cps dan pada puncak ke-2 pada sudut  $40,50^\circ$  menghasilkan tinggi puncak sebesar 498,38 cps. Berdasarkan data dari pengukuran, puncak yang terbentuk antara  $28,33^\circ - 40,50^\circ$  adalah struktur kristal dari senyawa grafit.

### ***Analisis Fourier Transfer Infra-Red Method (FT-IR)***

Spektrofotometer FT-IR bertujuan untuk mengkarakterisasi gugus fungsi pada suatu sampel. Inframerah akan melewati celah ke sampel. Celah ini berfungsi sebagai pengontrol jumlah energi yang akan diberikan kepada sampel. Puncak-puncak yang terbentuk pada spektrofotometer FT-IR menunjukkan ikatan-ikatan yang terbentuk pada suatu sampel. Berikut hasil dari pengukuran FT-IR dari karbon batang kangkung air.

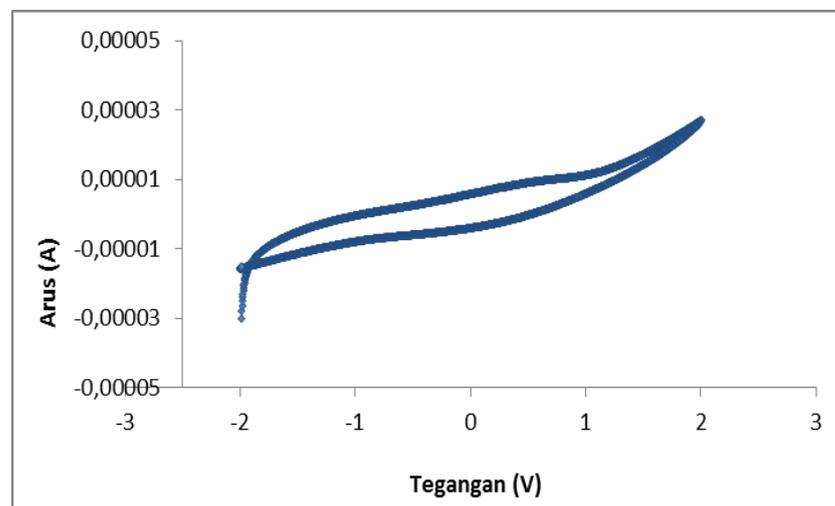


Gambar 3. Spektrofotometer FT-IR Karbon Batang Kangkung Air

Spektrum FT-IR diatas memperlihatkan adanya ikatan O – H alkohol pada puncak daerah  $3600\text{ cm}^{-1}$  dan ikatan C = C alkena pada puncak daerah  $1600\text{ cm}^{-1}$ . Gambar 3. diatas menunjukkan adanya gugus fungsi yang hilang pada karbon yaitu gugus fungsi amina, cincin aromatic dan alkohol. Gugus fungsi yang hilang ini disebabkan karena proses pirolisis yang terjadi. Proses pemanasan yang berlangsung pada pirolisis menyebabkan terputusnya ikatan-ikatan yang terbentuk pada sebagian gugus fungsi.

#### Analisis Cyclic Voltametry (CV)

Prinsip dasar dari voltametri adalah pengukuran arus sebagai fungsi dari potensial yang diterapkan ketika terjadi polarisasi elektroda sehingga sampel baterai mengalami reaksi oksidasi-reduksi. Hasil uji CV menunjukkan hubungan antara potensial yang diberikan dan arus yang terukur.



Gambar 4. Hasil Pengukuran CV Baterai Kancing

Gambar 4. diatas merupakan grafik hasil pengukuran CV pada baterai kancing yang menghasilkan nilai daya dan energi terbaik yaitu  $2,4 \times 10^{-5}\text{ W}$  dan  $2,2 \times 10^{-7}\text{ W.h}$ . Baterai tersebut menggunakan elektrolit  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  konsentrasi 40% serta menggunakan binder tinta dan tambahan pengemulsi berupa *Triethanolamine* (TEA). Berikut hasil perhitungan daya dan energi untuk baterai kancing lainnya.

Tabel 2. Nilai Daya dan Energi Baterai Kancing

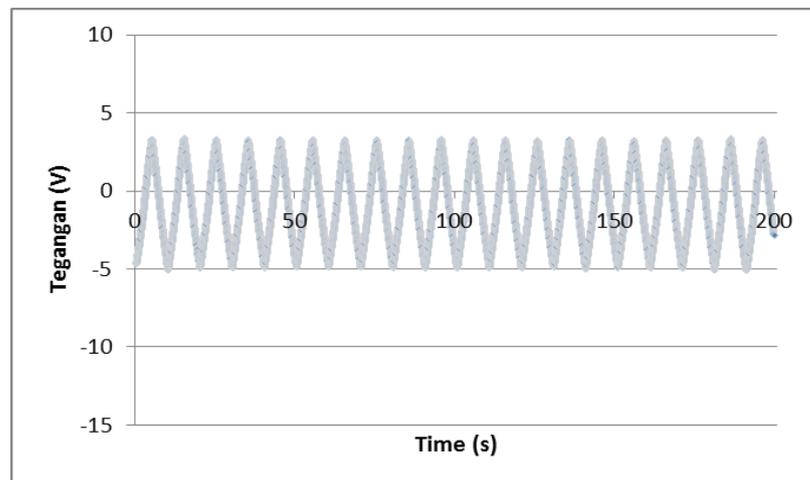
Baterai Kancing	Arus Reduksi (A)	Tegangan Reduksi (V)	Arus Oksidasi (A)	Tegangan Oksidasi (V)	$\Delta V$ (V)
PU + LiCl	0,000005	0,57	0,000002	0,02	0,55
PU – LiCl	0,000010	1,11	0,000020	0,98	0,13
Tinta + LiCl	0,000001	1,42	0,000001	1,12	0,30
Tinta – LiCl	0,000010	1,22	0,000010	1,19	0,03

PU + Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000004	0,18	0,000004	0,08	0,10
PU – Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000001	0,51	0,000001	0,01	0,50
Tinta + Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000010	0,42	0,000010	0,45	0,03
Tinta – Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,000020	0,21	0,000030	0,68	0,53

Dalam penelitian ini, baterai yang menghasilkan arus tertinggi menggunakan elektrolit Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pemakaian binder pada pembuatan baterai juga sangat berpengaruh. Fungsi binder pada pembuatan baterai adalah untuk mengikat bahan-bahan penyusun baterai yaitu pada katoda dan anoda. Sifat binder umumnya lengket dan berbau menyengat, akan tetapi jika sudah kering bersifat lentur seperti karet. Pemilihan binder didasarkan pada sifat konduktifitasnya sehingga tidak mengurangi kandungan listrik yang dihasilkan baterai. Pada penelitian ini binder yang digunakan berupa *Polyurethane* (PU) dan tinta *refill*. Selanjutnya pada baterai kancing juga ditambahkan pengemulsi berupa *Triethanolamine* (TEA) untuk menjaga kestabilan campuran pada anoda dan katoda agar masing-masing bagian dapat tercampur dengan baik.

#### **Analisis Galvanostatic Charging-Discharging**

Tujuan dari pengukuran ini adalah mendapatkan kapasitas spesifik dan data mengenai stabilitas anoda pada saat *charging* maupun *discharging* saat interkalasi dan deinterkalasi ion lithium. Berikut hasil pengukuran dari *galvanostatic charge-discharge*.



Gambar 5. Grafik *Charge-Discharge*

Dapat dilihat dari grafik diatas bahwa pengisian dan pengosongan baterai yang memiliki perbedaan sesuai dengan kemiringan garis pada grafik. Grafik yang meningkat pada *galvanostat charge-discharge* merupakan pengisian baterai dan menurun menunjukkan pengosongan/pemakaian baterai. Bentuk garis pada grafik

*galvanostat charge-discharge* yang curam menunjukkan bahwa proses pengisian dan pengosongan yang berlangsung semakin cepat, namun jika garis pada grafik tersebut landai maka proses pengisian dan pengosongan baterai cenderung lebih lambat. Pengukuran pada penelitian ini, proses pengisian dan pengosongan pada baterai berbanding lurus. Berikut tabel hasil pengukuran kinerja baterai yang lainnya.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kinerja Baterai

Jenis Elektrolit	Variabel			Parameter		
	Jenis Binder	Emulsi	Konsentrasi Elektrolit (%)	Daya (W)	Energi (W.h)	Slope Pengosongan Baterai
LiCl	PU	Pakai	40	$2,8 \times 10^{-6}$	$2,5 \times 10^{-7}$	6,77
		Tidak	40	$1,1 \times 10^{-5}$	$9,8 \times 10^{-7}$	3,72
	Tinta	Pakai	40	$1,4 \times 10^{-6}$	$1,3 \times 10^{-7}$	1,24
		Tidak	40	$1,2 \times 10^{-5}$	$1,2 \times 10^{-6}$	7,24
Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	PU	Pakai	40	$7,2 \times 10^{-7}$	$0,6 \times 10^{-7}$	11,32
		Tidak	40	$5,1 \times 10^{-7}$	$0,5 \times 10^{-7}$	6,46
	Tinta	Pakai	40	$2,4 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-6}$	7,05
		Tidak	40	$4,2 \times 10^{-6}$	$3,7 \times 10^{-7}$	7,56

Tabel 4.3 diatas menunjukkan hasil pengukuran kinerja baterai. Dapat dilihat bahwa baterai kancing yang menggunakan jenis elektrolit Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dengan konsentrasi 40% dan binder tinta serta ditambahkan pengemulsi *Triethanolaine* (TEA) memiliki daya yang terbaik yaitu  $2,4 \times 10^{-5}$  W serta menghasilkan energi sebesar  $2,2 \times 10^{-6}$  W.h.

Hal ini dikarenakan faktor konsentrasi dari elektrolit dan konduktivitas  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  yang besar sehingga makin banyak jumlah ion  $\text{Li}^+$  yang dihasilkan.

### **Kesimpulan**

Baterai kancing dengan elektrolit  $\text{Li}_2\text{SO}_4$  konsentrasi 40% dan menggunakan binder tinta serta ditambahkan emulsifier berupa *Triethanolamine* (TEA) menghasilkan nilai daya dan energi yang baik yaitu  $2,4 \times 10^{-5}$  W dan  $2,2 \times 10^{-6}$  W.h. Hal-hal yang dapat memengaruhi hasil kinerja baterai adalah jenis elektrolit yang digunakan, penggunaan binder yang memiliki konduktivitas tinggi serta penambahan emulsi juga yang dapat meningkatkan kualitas dari baterai kancing yang dihasilkan.

### **Daftar Pustaka**

- Adinugroho, W.C., A.I Andry, Supriyanto, H.S. dan Arifin. S.A., 2011. Kontribusi Sistem Agroforestry Terhadap Cadangan Karbon Di Hulu DAS Kali Bekasi. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Afif, M.T., dan Pratiwi I. A. P., 2015. Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik – Review. *Jurnal Rekayasa Mesin*, ISSN 2477-6041, 6(2);95-99.
- Anggraeni, N.D., 2008. Analisa SEM (Scanning Electron Microscopy) dalam Pemantauan Proses Oksidasi Magnetite Menjadi Hematite. *Seminar Nasional – VII*. Kampus ITENAS – Bandung, 50-56.
- Antika, I. F., Hidayat, S., 2019. Karakteristik Anoda Baterai Lithium-Ion Yang Dibuat Dengan Metode Spraying Berbasis Binder CMC. *JIF (Jurnal Ilmu dan Inovasi Fisika)*, 3(2):114-121.
- Bard, A., dan Faulkner, L. 1980. *Electrochemical Methods Fundamental and Application*. John Wiley & Sons, New York.
- Brown, S., 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest A Primer*. Forestry Paper.134;10-13.
- Callister, W. D., dan Rethwisch, D., 2003. *Material Science and Engineering an Introduction*. John Wiley & Sons, New York.
- Chen, Y., Liu, C., Sun, X., Ye, H., Cheung, C., & Zhou, L. 2015. Recycled diesel carbon nanoparticles for nanostructured battery anodes. *Journal of Power Sources*, 275, 26–31.
- Chu, H. 2018. Rice Husk Derived Silicon/Carbon and Silica/Carbon Nanocomposites As Anodic Material For Lithium Ion Batteries. Cina: *Department of Chemistry*, Zhejiang University.
- Cullity, B.D., and Stock, S.R. 2001. *Elements of X-Ray Diffraction*. New Jersey: Prentice Hall.

- Gunawan, I., Wahyudianingsih, dan Sudaryanto. 2015. Studi Electrochemical Impedance Spectroscopy dari Lembaran Polyvinyl Alcohol dengan Penambahan LiClO<sub>4</sub> sebagai Bahan Elektrolit Baterai Li-Ion. *Elsevier Ltd.*, 503-516.
- Goldstain, J. 2003. Scanning Electron Microscope and X-ray Microanalysis. New York: Springer US.
- Hapsari, J. E., Amri, C., dan Suyanto, A., 2018. Efektivitas Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*) sebagai Fitoremediasi dalam Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Air Limbah Batik. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, E-ISSN 2540-8267, 3(1);30-37.
- Haryati, S., Anggreini, M.R., Pratiwi, Y.E. 2019. Pembuatan Elektroda Karbon Pada Baterai Dari Kangkung Air (*Ipomoea Aquatica*). Palembang: Universitas Sriwijaya.
- Klug, H. P., Alexander, L.E., 1974. *X-Ray Diffraction Procedures For Polycrystalline and Amorphous Materials*. New York: PP.960.
- Kuganathan, N., Kordatos, A., dan Chroneos, A., 2018. Li<sub>2</sub>SnO<sub>3</sub> as a Cathode Material for Lithium-ion Batteries: Defects, Lithium Ion Diffusion and Dopants. *Scientific Reports*, 8:1-9.
- Linden, D., Reddy, T.B., 2002. Handbook of Batteries Third Edition. McGraw Hill, New York.
- Muzakir, A., Setiabudi, A., dan Hardian, R., 2012. Karakterisasi Material;Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia. Bandung:UPI Press.
- Nair, P. K. R., Kumar B. M., dan Nair, V. D., 2009. *Agroforestry as a Strategy for Carbon Sequestration*. *Journal of Plant Nutrition Soil Science*, 172;10-23.
- Pahlevi, M.A., Junaidi, R., Fadarina., 2020. Prototype Of Battery Based Activated Carbon From Bamboo Betung (Review The Effect Of Activated Carbon And Electrolyte Increases Battery Life). *Jurnal Kinetika*, 11(1):55-60.
- Perdana, F.A., 2020. Baterai Lithium. *INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA*, 9(2);113-118.
- Pihel, K., Schroeder, T., dan Wightman, R., 1994. Rapid and selective cyclic voltammetric measurements of epinephrine and norepinephrine as a method to measure secretion from single bovine adrenal medullary cells. *Department of Chemistry, University of North Carolina at Chapel Hill*, North Carolina 27599-3290.
- Ridhuan, K., Irawan, D., dan Inthifawzi, R., 2019. Proses Pembakaran Pirolisis dengan Jenis Biomassa dan Karakteristik Asap Cair yang Dihasilkan. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 8(1);69-78.
- Satriady A., Alamsyah W. , Saad A. H. I., Hidayat S., 2016. Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai LiFePO<sub>4</sub>. *Jurnal Material dan Energi Indonesia*, 6(2);43-48.

- Shen, X., Li, Y., Qian, T., Liu, J., Zho., Yan, C., dan Goodenough, J.B., 2019. Lithium Anode Stable In Air For Low-Cost Fabrication of A Dendrite-Free Lithium Battery. *Nature Communication*, 10:1-9.
- Simamora, P., Al Khalil, J., Rajagukguk, J., 2020. Synthesis and characterization Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/GO nanocomposites as lithium-ion battery anodes (LIBA). *The 4th International Conference on Applied Physics and Materials Application*. IOP Publishing, 1-5.
- Sun, Y., Liu, X., Huang, F., Li, S., Shen, Y., Xie, A., 2017. Spinach Juice-Derived Porous Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Carbon Nanorods As Superior Anodes For Lithium-Ion Batteries. *Materials Research Bulletin*.
- Sunardi., 2006. 116 Unsur Kimia Deskripsi dan Pemanfaatannya. Bandung:Yrama Widya.
- Syarif, N., Tribidasari, I., dan Wibowo, W., 2013. Binder-Less Activated Carbon Electrode From Gelam Wood For Use In Supercapacitors. *Journal Electrochem. Sci. Eng.*, 3(2):37-45.
- Waluyo, H., Noerochim, L., 2014. Pengaruh Temperatur Hydrothermal terhadap Performa Elektrokimia LiFePO<sub>4</sub> sebagai Katoda Baterai Ion Lithium Type Aqueous Elektrolit. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2):237-242.
- Wang, L., Zhao, J. He, X., Gao, J., Li, J., Wan, C., Jiang, C., 2012. Electrochemical Impedance Spectroscopy (EIS) Study of LiNi<sub>1/3</sub>Co<sub>1/3</sub>Mn<sub>1/3</sub>O<sub>2</sub> for Li-ion Batteries. *Internasional Journal Electrochemical. Sci.*, 7:345-353.
- Xu, B., 2012. Rencent Progress in Cathode Materials Research for Advanced Lithium Ion Batteries. *Journal of Materials Science and Engineering R*, 73(5–6):51-65.

---

**Copyright holder:**

Nama Author (Tahun Terbit)

**First publication right:**

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

**This article is licensed under:**

