

Analisis Pengaruh Konsentrasi Elektrolit NaCl Terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Buah Kakao

Vikra Yudha Yolanda Afza^{1*}, Mulda Muldarisnur¹, Yuli Yetri²

¹Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Kampus Unand Limau Manis, Padang, 25163, Indonesia

²Politeknik Negeri Padang, Padang, Indonesia

Info Artikel

Histori Artikel:

Diajukan: 15 September 2021

Direvisi: 04 Oktober 2021

Diterima: 11 Oktober 2021

Kata kunci:

aktivator
konsentrasi
elektrolit

Keywords:

activator
concentration
electrolyte

Penulis Korespondensi:

Vikra Yudha Yolanda Afza
Email: vikrayudha14@gmail.com

ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis karbon aktif dari kulit kakao dengan menggunakan aktivator KOH 0,3 M dengan variasi elektrolit NaCl 1 M, 2 M dan 3 M yang akan dimanfaatkan sebagai superkapasitor. Karakterisasi hasil dilakukan dengan *Scanning Electronic Microscope* (SEM) untuk melihat struktur pori, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui kristal karbon, serta uji siklik voltammetry (CV) dan LCR-Meter untuk mengetahui nilai kapasitansi dan konduktivitas yang dihasilkan. Hasil analisa XRD didapatkan struktur atom yang berbentuk amorf yang tidak dipengaruhi oleh konsentrasi elektrolit NaCl yang diberikan. Analisa SEM membuktikan bahwa konsentrasi elektrolit NaCl mempengaruhi struktur pori. Elektrolit NaCl 3 M memiliki struktur pori yang lebih halus dan merata. Nilai kapasitansi spesifik menggunakan CV didapatkan nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu 42,524 $\mu\text{F/g}$ pada konsentrasi NaCl 3 M dan terendah pada konsentrasi NaCl 1 M 3 $\mu\text{F/g}$. Hasil yang didapatkan menggunakan alat LCR-Meter untuk mengukur konduktivitas adalah 1,83 S/m pada konsentrasi NaCl 3 M dan frekuensi 1000 Hz serta yang terendah pada konsentrasi elektrolit NaCl 1 M pada frekuensi 100 Hz 0.18 S/m. Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi elektrolit yang diberikan dapat mempengaruhi dan meningkatkan nilai kapasitansi dan konduktivitas yang dihasilkan sel superkapasitor.

Synthesis of activated carbon from cocoa husk has been carried out using 0.3 M KOH activator with various electrolytes of 1 M, 2 M and 3 M NaCl which will be used as a supercapacitor. The tests carried out include Scanning Electronic Microscope (SEM) to see the pore structure formed, X-Ray Diffraction (XRD) to determine the carbon crystals formed, as well as cyclic voltammetry (CV) and LCR-Meter tests to determine the capacitance and conductivity values produced. The results of the XRD generally obtained an amorphous atomic structure which was not affected by the concentration of the given NaCl electrolyte. The SEM results prove that the electrolyte concentration of NaCl affects the pore structure. The 3 M NaCl electrolyte has a finer and more even pore structure. The results using the CV method using 3 M NaCl concentration obtained the highest specific capacitance value of 42.524 $\mu\text{F/g}$ and the lowest at 1 M NaCl concentration of 3 $\mu\text{F/g}$. The results obtained using the LCR-Meter to measure the conductivity were 1.83 S/m at a concentration of 3 M NaCl and a frequency of 1000 Hz and the lowest was at a concentration of 1 M NaCl electrolyte at a frequency of 100 Hz 0.18 S/m. This proves that the given electrolyte concentration can affect and increase the capacitance and conductivity values produced by supercapacitor cells.

Copyright © 2021 Author(s). All rights reserved

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi dunia selalu meningkat seiring waktu sedangkan keberadaan sumber energi semakin menipis. Meningkatnya kebutuhan energi menyebabkan diperlukannya sumber daya energi alternatif yang terbarukan untuk terus berkembang. Sumber daya energi yang terus berkembang sekarang di antaranya air, bahan bakar, geotermal, cahaya matahari, angin, ombak dan pasang. Sumber daya ini memiliki kekurangan yaitu tidak selalu ada setiap waktu. Kekurangan ini meningkatkan pengembangan teknologi dibidang penyimpanan energi. Salah satu yang paling berkembang sekarang adalah superkapasitor.

Superkapasitor merupakan alat penyimpanan energi secara fisika yang hanya terjadi transfer muatan tanpa adanya reaksi kimia. Superkapasitor memiliki jumlah siklus yang relatif banyak, rapat energi yang tinggi kemampuan penyimpanan energi yang besar, prinsip sederhana dan konstruksi mudah. (Kwon *et al.*, 2014). Konstruksi superkapasitor mirip dengan kapasitor konvensional, memiliki pasangan elektroda dengan elektrolit dan dipisahkan oleh bahan dielektrik. Elektroda yang biasa digunakan untuk superkapasitor adalah elektroda berbasis karbon. Arang/karbon merupakan hasil residu karbon tidak murni yang dihasilkan dengan proses pembakaran tidak sempurna dari hewan dan tumbuhan. Arang pada umumnya berbentuk padat dan berpori dimana sebagian porinya masih tertutup oleh hidrogen, tar dan senyawa organik lainnya seperti abu, air, nitrogen dan sulfur. Karbon aktif banyak digunakan dalam aplikasi elektrokimia salah satunya adalah sebagai bahan elektroda superkapasitor. Karbon aktif memiliki kelebihan diantaranya harganya yang murah, bahan dasar yang mudah didapatkan dari bahan alam, mudah untuk disintesa, serta pori dan luas permukaannya bisa diatur (Frackowiak, 2006).

Salah satu bahan yang bisa digunakan sebagai bahan untuk elektroda karbon adalah kulit kakao. Kulit kakao memiliki kandungan lignin 51,98%, hemiselulosa 21,06%, selulosa 20,15% dan alfa-selulosa 21,80% (Wiharto, 2017). Kulit kakao merupakan salah satu limbah terbesar di Sumatera Barat (BPS, 2019). Buah kakao segar memiliki 73% kulit, 2% plasenta dan 24,2% biji (Cruz *et al.*, 2012). Produksi kakao hanya memanfaatkan biji sehingga sebagian besar dari kulit kakao akan menjadi limbah, sehingga dibutuhkan cara untuk dapat mengurangi limbah dari kulit kakao. Kakao sebelumnya telah dimanfaatkan sebagai bahan inhibitor (Yetri and Jamarun, 2015), papan partikel (Yetri *et al.*, 2018) dan superkapasitor (Yetri *et al.*, 2020). Elektrolit memiliki peran penting dalam proses transfer dan menstabilkan muatan antara dua elektroda (Xu, 2004). Interaksi antara elektrolit dan elektroda pada proses elektrokimia mempengaruhi permukaan sentuh elektroda dan struktur internal karbon aktif, pemilihan elektrolit adalah salah satu kunci untuk menghasilkan kemampuan superkapasitif yang tinggi (Pal *et al.*, 2019).

II. METODE

2.1 Pembuatan Sampel

Kulit buah kakao dikumpulkan kemudian dipotong dan dijemur selama ± 9 hari untuk mengurangi kadar air dalam kulit buah kakao. Kulit kakao kemudian dipanaskan dalam oven pada temperatur 250 °C selama 2,5 jam. Kulit kakao yang telah dipanaskan kemudian dihancurkan dan diayak menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk kulit kakao yang telah halus kemudian diaktivasi menggunakan KOH 0,3 M menggunakan *hot plate* dan *magnetic stirrer* pada temperatur 80 °C selama 2 jam. Setelah diaktivasi, kulit buah kakao dicuci agar pH mendekati 7 lalu dikeringkan di dalam oven pada temperatur 105 °C selama 24 jam. Kulit buah kakao yang telah menjadi arang aktif kemudian dicetak menggunakan *hydraulic press*. Pelet elektroda yang telah dicetak kemudian direndam dalam larutan elektrolit NaCl 1 M, 2 M dan 3 M selama 48 jam, kemudian elektroda dirangkai menjadi sel superkapasitor dengan susunan seperti pada Gambar 1.



Gambar 1 Susunan Rangkaian Superkapasitor

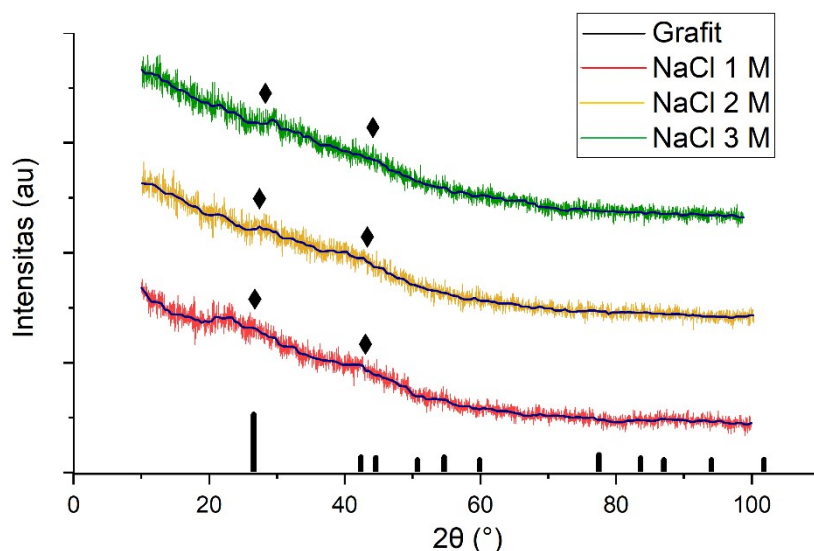
2.2 Karakterisasi Sampel

Sampel yang telah didapatkan kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengukur kristalinitas, *Scanning Electronic Microscope* (SEM) untuk mengetahui luas permukaan yang terbentuk, *Cyclic Voltammetry* (CV) untuk menghitung kapasitansi spesifik dan LCR-Meter untuk mengukur konduktivitas listrik.

III. HASIL DAN DISKUSI

3.1 Karakterisasi X-Ray Diffraction (XRD)

Hasil dari XRD yang didapatkan dari penelitian terlihat pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa karbon aktif yang dihasilkan memiliki bentuk amorf, sehingga sulit untuk ditentukan ukuran kristal yang terbentuk. Untuk memastikan kandungan karbon yang telah disintesis dibutuhkan data ICDD. Data hasil yang didapatkan memperlihatkan bahwa pada konsentrasi NaCl 1 M dan NaCl 2 M memiliki kenaikan puncak pada 2θ 26,54° dan 42,36° yang sesuai dengan data ICDD grafit 00-056-0159. Kenaikan puncak pada 2θ 26° dan 43° membuktikan bahwa sampel karbon aktif dan telah terkandung unsur karbon di dalamnya (Buasri *et al.*, 2012; Pechyen *et al.*, 2007; Tongpoothorn *et al.*, 2011). Pada penelitian yang telah dilakukan terbukti terjadi kenaikan puncak pada rentang tersebut meski tidak menunjukkan puncak yang tinggi. Hal ini kemungkinan dikarenakan oleh temperatur karbonisasi yang rendah sehingga puncak yang diinginkan belum dapat terbentuk saat dilakukan aktivasi dan karbonisasi pada sampel.

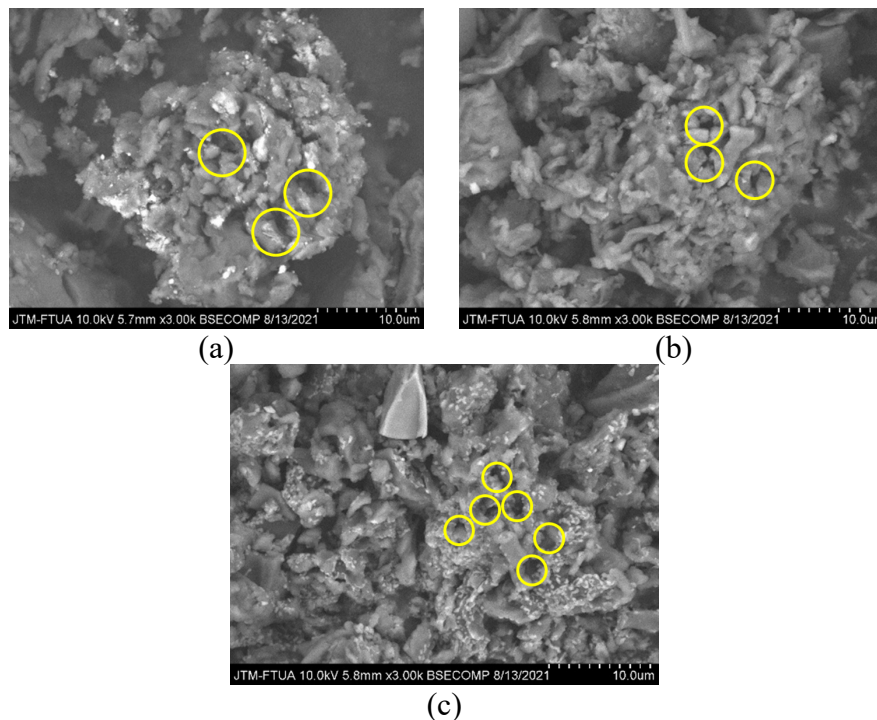


Gambar 2 Hasil Analisa XRD terhadap ICDD Grafit 00-056-0159

Pada Gambar 2. terlihat bahwa hasil analisa XRD dengan menggunakan konsentrasi elektrolit 1 M lebih menunjukkan puncak/ kenaikan grafik yang lebih jelas dibandingkan dengan konsentrasi NaCl 2 M dan 3 M. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi elektrolit yang lebih rendah lebih memungkinkan untuk menunjukkan puncak XRD yang lebih jelas.

3.2 Karakterisasi Luas Permukaan

Hasil analisa permukaan menggunakan alat SEM dapat terlihat pada Gambar 3. Konsentrasi NaCl 3 M terlihat memiliki pori yang lebih merata dan kecil dan luas permukaan yang lebih luas dibandingkan dengan konsentrasi elektrolit NaCl 1 M dan 2 M. Pori yang semakin kecil dan banyak ini membuktikan bahwa terjadi peningkatan luas permukaan yang terbentuk dan menghasilkan karbon aktif yang lebih baik (Sandi, 2014). Hal ini membuktikan bahwa konsentrasi elektrolit yang diberikan mempengaruhi struktur dan ukuran pori dari karbon aktif yang dihasilkan. Semakin tinggi konsentrasi elektrolit yang diberikan semakin banyak pori yang terbentuk pada elektroda karbon. Pori yang semakin kecil dan luas permukaan yang semakin besar akan mempengaruhi banyaknya ion yang dapat tersimpan pada elektroda dan pori karbon aktif (Ariyanto *et al.*, 2012; Aziz *et al.*, 2017). Hal ini akan mempengaruhi nilai dari kapasitansi yang dihasilkan.



Gambar 3 Hasil Analisa SEM perbesaran 3000x elektrolit (a) NaCl 1 M (b) NaCl 2 M (c) NaCl 3 M

Analisa SEM merupakan analisa kualitatif sehingga sulit untuk menentukan ukuran pori. Karbon aktif membutuhkan nilai ukuran pori yang lebih akurat untuk dapat menentukan kualitas dari karbon aktif yang terbentuk, sehingga dibutuhkan analisa kuantitatif untuk menghitung ukuran pori, salah satunya uji Bruner Emmett Teller (BET) atau Analisa *Surface Area*.

3.3 Uji Kapasitansi Spesifik

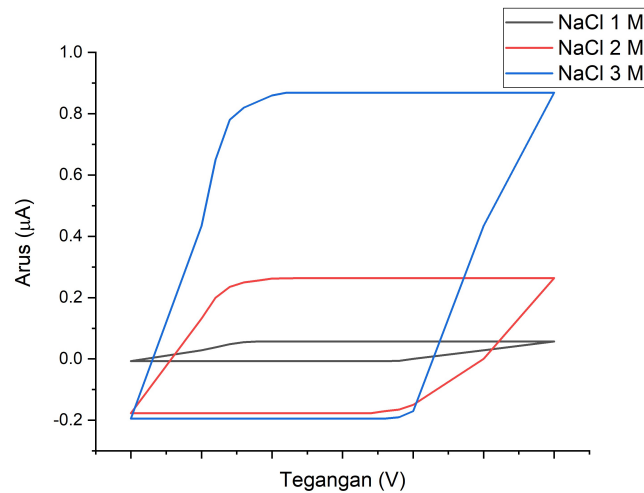
Nilai kapasitansi spesifik dihitung menggunakan metode CV. Pada alat CV akan dihasilkan nilai arus masuk (I_c), arus keluar (I_d), laju imbasan/*scan rate* (S) dan massa sampel (m) dirumuskan seperti Persamaan 1.

$$C_{sp} = \frac{2[I_c - I_d/2]}{Sm} \tag{1}$$

Nilai kapasitansi spesifik dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi pada konsentrasi elektrolit NaCl 3 M yaitu 42,5240 $\mu\text{F/g}$ dan yang terendah pada konsentrasi elektrolit NaCl 1 M 3 $\mu\text{F/g}$. Nilai ini membuktikan bahwa kapasitansi spesifik dipengaruhi oleh besarnya konsentrasi yang diberikan. Semakin besar konsentrasi yang diberikan semakin tinggi pula nilai kapasitansinya sesuai dengan hasil yang didapatkan menggunakan SEM. Kapasitansi spesifik menggunakan kulit kakao sebelumnya telah dilakukan dan menghasilkan nilai 90,2 F/g dan 140,2 F/g (Yetri *et al.*, 2020). Nilai kapasitansi spesifik yang didapatkan pada penelitian masih sangat rendah. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh kurangnya temperatur karbonisasi dan tidak dilakukan aktivasi fisika menggunakan gas CO_2 saat melakukan preparasi sampel sehingga nilai kapasitansi spesifik yang didapatkan sangat rendah.

Tabel 1 Hasil uji nilai kapasitansi spesifik

Elektrolit	Arus Input (μA)	Arus Output (μA)	Scan Rate (mV/s)	Massa (g)	Kapasitansi Spesifik ($\mu\text{F/g}$)
NaCl 1 M	0,0573	-0,0072	100	0,215	3,0000
NaCl 2 M	0,2636	-0,1772	100	0,235	18,7574
NaCl 3 M	0,8683	-0,1948	100	0,250	42,5240



Gambar 4 Grafik hasil analisa CV

Gambar 4 menunjukkan grafik hasil analisa menggunakan metode CV, dan terlihat bahwa terjadi kenaikan puncak saat diberikan konsentrasi elektrolit yang lebih tinggi. Nilai kapasitansi spesifik yang cukup rendah ini membutuhkan peningkatan kualitas dari karbon aktif agar menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang lebih sesuai untuk dijadikan sebagai elektroda superkapasitor.

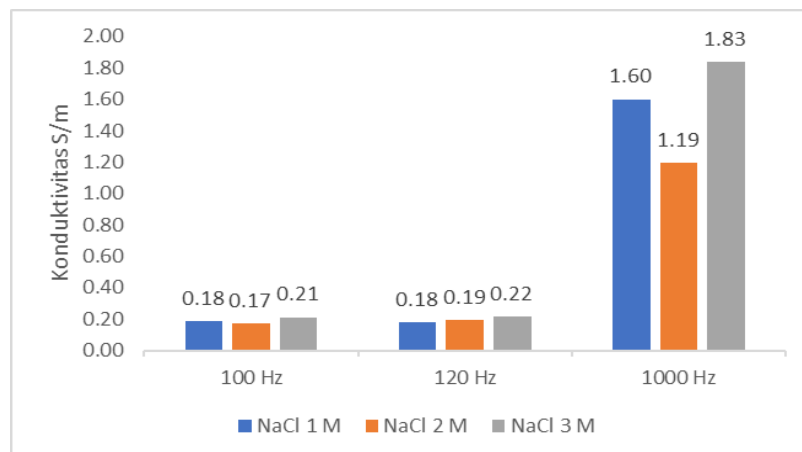
3.4 Uji Konduktivitas Listrik

Konduktivitas listrik dipengaruhi oleh resistansi dan resistivitas sampel. Pada alat LCR-Meter dapat diketahui nilai resistansi dari sampel. Resistansi dihitung sebanyak 5 kali agar didapatkan rata-rata untuk menghitung resistivitas yang lebih akurat. Nilai resistivitas kemudian dihitung menggunakan Persamaan 2, dimana ρ adalah resistivitas, R adalah resistansi, l adalah ketebalan plat, dan A adalah luas permukaan plat. (Ismail and Yanis, 2021)

$$\rho = \frac{RA}{l} \tag{1}$$

Nilai konduktivitas kemudian dihitung menggunakan Persamaan 3 dimana σ adalah konduktivitas dan ρ adalah resistivitas.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \tag{2}$$



Gambar 5 Nilai Konduktivitas Listrik

Hasil uji konduktivitas listrik kemudian dihitung dan didapatkan seperti pada Gambar 5. Terlihat bahwa grafik konsentrasi NaCl dari 1 M ke 3 M terjadi kenaikan secara linear. Konduktivitas listrik tertinggi didapatkan pada konsentrasi NaCl 3 M pada frekuensi 1000 Hz yaitu 1,83 S/m dan terendah pada konsentrasi NaCl 1 M di frekuensi 100 Hz yaitu 0,18 S/m.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang diperoleh membuktikan bahwa pemberian variasi konsentrasi elektrolit NaCl dapat mempengaruhi hasil analisa terhadap SEM, XRD, CV dan LCR-Meter. Elektrolit NaCl 3 M memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu 42,5240 $\mu\text{F/g}$, memiliki pori yang kecil serta luas permukaan yang lebih besar, dan konduktivitas listrik tertinggi pada frekuensi 1000 Hz sebesar 1,83 S/m. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan konsentrasi menghasilkan karbon aktif yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanto, T., Prasetyo, I. and Rochmadi, R. (2012), "Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang Dibuat Dari Karbon Nanopori", *Reaktor*, Dept. of Chemical Engineering, Diponegoro University, Vol. 14 No. 1, pp. 25–32.
- Aziz, H., Tetra, O.N., Alif, A., Syukri, S. and Perdana, Y.A. (2017), "Performance Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor", *Jurnal Zarah*, Vol. 5 No. 2, pp. 1–6.
- Buasri, A., Chaikut, N., Loryuenyong, V., Rodklum, C., Chaikwan, T. and Kumphan, N. (2012), "Continuous process for biodiesel production in packed bed reactor from waste frying oil using potassium hydroxide supported on *Jatropha curcas* fruit shell as solid catalyst", *Applied Sciences*, Molecular Diversity Preservation International, Vol. 2 No. 3, pp. 641–653.
- Cruz, G., Pirilä, M., Huuhtanen, M., Carrión, L., Alvarenga, E. and Keiski, R.L. (2012), "Production of activated carbon from cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk", *J. Civ. Environ. Eng.*, Vol. 2 No. 2, pp. 1–6.
- Frackowiak, E. (2006), "Supercapacitors based on carbon materials and ionic liquids", *Journal of the Brazilian Chemical Society*, SciELO Brasil, Vol. 17, pp. 1074–1082.
- Ismail, N. and Yanis, M. (2021), *Elektromagnetik Plane Wave: Teori Dan Aplikasi*, Syiah Kuala University Press.
- Kwon, S.H., Lee, E., Kim, B.-S., Kim, S.-G., Lee, B.-J., Kim, M.-S. and Jung, J.C. (2014), "Activated carbon aerogel as electrode material for coin-type EDLC cell in organic electrolyte", *Current Applied Physics*, Elsevier, Vol. 14 No. 4, pp. 603–607.
- Pal, B., Yang, S., Ramesh, S., Thangadurai, V. and Jose, R. (2019), "Electrolyte selection for supercapacitive devices: A critical review", *Nanoscale Advances*, Royal Society of Chemistry, Vol. 1 No. 10, pp. 3807–3835.
- Pechyen, C., Atong, D., Aht-Ong, D. and Sricharoenchaikul, V. (2007), "Investigation of pyrolyzed chars from physic nut waste for the preparation of activated carbon", *Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering*, The Japan Society of Mechanical Engineers, Vol. 1 No. 4, pp. 498–507.
- Sandi, A.P. (2014), "Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H₃PO₄ Terhadap Struktur dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*)", *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 3 No. 2, pp. 115–120.
- Tongpoothorn, W., Sriuttha, M., Homchan, P., Chanthai, S. and Ruangviriyachai, C. (2011), "Preparation of activated carbon derived from *Jatropha curcas* fruit shell by simple thermo-chemical activation and characterization of their physico-chemical properties", *Chemical Engineering Research and Design*, Elsevier, Vol. 89 No. 3, pp. 335–340.
- Wiharto, M. (2017), "Characterization of Cacao Fruit Skin for Active Carbon and Green Chemicals", *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, Vol. 2 No. 1, pp. 66–71.
- Xu, K. (2004), "Nonaqueous liquid electrolytes for lithium-based rechargeable batteries", *Chemical Reviews*, ACS Publications, Vol. 104 No. 10, pp. 4303–4418.
- Yetri, Y., Gunawarman, E. and Jamarun, N. (2018), "Theobroma cacao peel extract as the eco-friendly corrosion inhibitor for mild steel", *Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications*, IntechOpen.

- Yetri, Y., Hoang, A.T., Mursida, Dahlan, D., Muldarisnur, Taer, E. and Chau, M.Q. (2020), "Synthesis of activated carbon monolith derived from cocoa pods for supercapacitor electrodes application", *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, Taylor & Francis, pp. 1–15.
- Yetri, Y. and Jamarun, N. (2015), "Corrosion Inhibitor of Mild Steel by Polar Extract of Theobroma cacao Peels in Hydrochloric Acid Solution.", *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 27 No. 6.