

ANALISIS MORFOLOGI DAN STRUKTUR KARBON AKTIF KULIT SALAK WEDI DENGAN AKTIVATOR BERTINGKAT

APRILLIA DWI ARDIANTI ^{1,*}, PELANGI EKA YUWITA ¹, M. IVAN ARIFUL FATHONI ²

¹ *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdlatul Ulama Sunan Giri
Jl. Jendral Ahmad Yani No.10, Jamban, Sukorejo 52115, Bojonegoro, Jawa Timur*

² *Prodi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nahdlatul
Ulama Sunan Giri
Jl. Jendral Ahmad Yani No.10, Jamban, Sukorejo 52115, Bojonegoro, Jawa Timur*

*email : aprilliadwia@unugiri.ac.id

Abstrak. Karbon aktif merupakan bahan material yang berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor karena memiliki densitas energi yang lebih tinggi daripada baterai dan sel bahan bakar serta densitas daya yang lebih tinggi daripada kapasitor konvensional. Telah ada penelitian sebelumnya membuat karbon aktif dari tempurung kelapa dengan aktivator $ZnCl_2$ menghasilkan karbon aktif dengan hasil luas permukaan spesifik yang besar dalam pembuatan elektroda superkapasitor. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan karbon aktif dari kulit salak wedi dengan variasi aktivator bertingkat $ZnCl_2$ dan KOH. Karakteristik sifat fisis karbon aktif kulit salak wedi dianalisis menggunakan Scanning Electron Microscope (SEM) untuk melihat morfologi serbuk karbon aktif kulit salak. Pengujian menggunakan Difraksi sinar-X (XRD) untuk melihat struktur karbon aktif kulit salak yang berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor.

Kata kunci: Karbon aktif, Salak, Aktivasi $ZnCl_2$ dan KOH

Abstract. Activated carbon is a material that has the potential to be used as electrodes in supercapacitors because it has a higher energy density than batteries and fuel cells and a higher power density than conventional capacitors. There have been previous studies making activated carbon from coconut shells with $ZnCl_2$ activator to produce activated carbon with large specific surface area results in the manufacture of supercapacitor electrodes. This research was carried out using activated carbon from the bark of salak wedi with a variety of graded activators $ZnCl_2$ and KOH. The physical characteristics of the activated carbon of the bark of the salak wedi were analyzed using a Scanning Electron Microscope (SEM) to see the morphology of the powder of activated carbon of the bark of the salak. Tests using X-Ray Diffraction (XRD) to see the structure of the bark activated carbon which has the potential to be used as electrodes in supercapacitors. *keywords:* concise and factual, purpose, principal results, no references, major conclusions.

Keywords: Activated carbon, Salak, Activation of $ZnCl_2$ and KOH

1. Pendahuluan

Superkapasitor merupakan perangkat penyimpanan energi listrik yang memiliki karakteristik diantaranya adalah waktu hidup yang lebih lama (bila dibandingkan dengan baterai), prinsip dan modelnya yang sederhana, waktu pengisian yang pendek, memiliki rapat daya yang tinggi, aman karena tidak mengandung bahan korosif dan lebih sedikit bahan yang beracun[1]. Superkapasitor dapat memberikan setidaknya 1000 kali lebih banyak energi daripada kapasitor dielektrik dan 10 kali

lebih banyak daya dari baterai dan superkapasitor memiliki siklus hidup yang lama yaitu lebih dari 500000 siklus [2]. Karbon aktif merupakan salah satu jenis bahan yang secara luas telah digunakan karena memiliki luas permukaan yang tinggi, ketahanan kimia, konduktivitas listrik yang baik dan harga yang terjangkau[3]. Karbon aktif merupakan sebuah bahan yang mengandung karbon bebas cukup besar, dimana karbon bebas tersebut memiliki daya serap yang tinggi dan memiliki pori yang meningkatkan daya serapnya karena mengalami reaksi dengan bahan kimia sebelum atau sesudah karbonisasi [4].

Banyak penelitian tentang karbon aktif yang telah dilakukan sebelum ini. Penelitian studi awal pengaruh suhu dan Konsentrasi pada proses aktivasi karbon dari kayu halaban menggunakan $ZnCl_2$ dan KOH telah dilakukan oleh Amanah dengan hasil efisiensi penyerapan dari kedua activator yang terbesar adalah $ZnCl_2$ dengan nilai 95,1 % dan KOH sebesar 93,3 % [5]. Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa untuk menurunkan kadar ammonia dengan activator KOH, NaCl dan HCl dilakukan oleh Nisa Nurhidayanti[6]. Penelitian variasi holding time suhu aktivasi karbon aktif dari tempurung kluwak sebagai elektroda pada superkapasitor menghasilkan semakin lama waktu penahanan maka ukuran pori semakin kecil, luas permukaan semakin besar dan kapasitansi semakin besar [7]. Analisis perbedaan bahan aktivator dalam pembuatan elektroda superkapasitor dari arang tempurung kelapa mendapatkan hasil peningkatan nilai kapasitansi spesifik dengan aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH [8].

Salak merupakan buah yang memiliki bentuk menyerupai telur. Kulit buah berwarna coklat dan tampak seperti kulit ular. Salak berisi tiga potong biji ditutupi dengan daging putih. Di Indonesia ada banyak kultivar salak, namun sebagian besar dari mereka memiliki rasa sepat. Kulit buah ditutupi dengan sisik yang teratur, memberikan penampilan kulit reptil. Bagian yang dapat dimakan adalah daging putih yang aromatik dan tembus pandang, rasanya mirip campuran nanas dan pisang. Masing-masing buah mengandung 1 sampai 3 biji berwarna coklat gelap. Daging buahnya dapat dimakan dan terdiri dari tiga lobus[9]. Setelah dikupas, kulitnya menjadi limbah dan dalam penelitian ini digunakan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif.

Faktor yang mempengaruhi besarnya penyerapan suatu karbon aktif adalah luas permukaan. Berbagai cara dapat digunakan untuk meningkatkan luas permukaan karbon aktif. Salah satu cara yang sering digunakan adalah dengan penggunaan aktivator. Selain itu struktur karbon aktif juga menentukan luas permukaan karbon aktif. Struktur karbon aktif pada dasarnya berbentuk amorf. Dengan perlakuan aktivasi pada karbon juga dapat meningkatkan kristalinitas dari karbon aktif. Kristalinitas pada karbon aktif mempengaruhi luas permukaan. Dengan keteraturan pada struktur kristal dan berukuran nano membuat luas permukaan semakin lebar. Berdasarkan referensi penelitian sebelumnya, peneliti ingin melakukan penelitian dengan beberapa perlakuan aktivasi pada karbon kulit salak dan menentukan morfologi serta struktur pada karbon aktif yang berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor. Aktivator yang digunakan pada penelitian ini adalah $ZnCl_2$ dan KOH.

2. Metode Penelitian

Prosedur pembuatan sampel

Biomassa yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah kulit salak wedi. Bahan baku kulit salak dibersihkan dengan air hingga bersih kemudian dikeringkan dalam oven dengan suhu 110°C untuk menghilangkan kadar air dalam pencucian.

Prosedur Karbonasi

Kulit salak dikarbonasi dalam furnace yang dialiri gas inert pada suhu 500C selama kurang lebih 1 jam yang bertujuan untuk menghilangkan zat-zat volatile pada kulit salak. Lalu arang kulit salak tersebut didiamkan hingga dingin dalam desikator. Setelah itu arang kulit salak yang dihasilkan digerus dan diayak lolos dengan ayakan 100 mesh dan tertahan pada ayakan 200 mesh hingga dihasilkan serbuk karbon. [10].

Proses Aktivasi Arang Aktif Kulit Salak

Serbuk karbon yang dihasilkan kemudian dicampurkan dengan padatan aktivator dengan massa perbandingan rasio massa serbuk karbon dan aktivator 1:4. Padatan aktivator dilarutkan dengan air distilasi hingga konsentrasi 20%. Serbuk karbon kemudian dicampurkan ke dalam larutan dan di shaker selama 20 jam dengan magnetic stirrer. Serbuk karbon yang telah diaktivasi kemudian dikeringkan dengan oven dan selanjutnya dicuci dengan air distilasi dan larutan HCl encer hingga diperoleh PH air pencucian mencapai 6-7[10] . Serbuk karbon yang telah dicuci kemudian dikeringkan kembali di dalam oven. Adapun tahap aktivasinya adalah dilakukan aktivasi kimia menggunakan aktivator $ZnCl_2$ dan KOH, setelah itu dilakukan aktivasi bertingkat yaitu: karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) dan karbon $KOH + ZnCl_2$ (s). Sehingga dengan dilakukannya aktivasi bertingkat, maka akan diperoleh 4 variasi sampel, yaitu: $ZnCl_2$, KOH, karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) dan karbon $KOH + ZnCl_2$ (s) [8].

Pengujian Sampel

Setelah itu sampel yang diperoleh di uji karakterisasi sifat fisis karbon aktifnya menggunakan scanning electron microscope. Karakterisasi scanning electron microscope dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan pada karbon kulit salak dengan melihat distribusi porinya. Pengujian scanning electron microscope dilakukan dengan empat perbesaran yaitu 500X, 1000X, 5000X dan 10.000X. Serta dilakukan pengujian menggunakan XRD untuk melihat struktur karbon aktif kulit salak yang berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor.

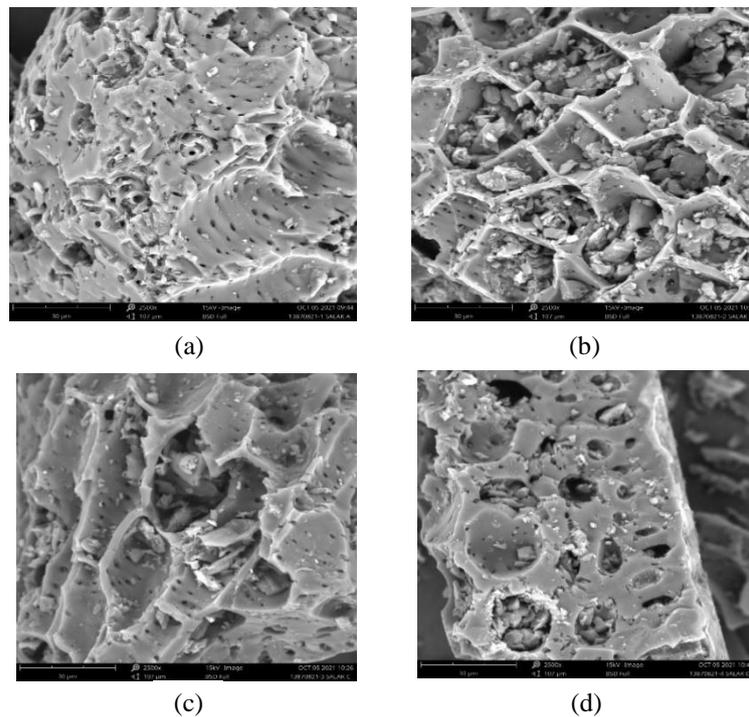
3. Hasil dan Pembahasan

Hasil Pengujian SEM

Pembentukan pori pada karbon aktif kulit salak ditunjukkan oleh morfologi permukaan karbon aktif hasil Scanning Electron Microscope (SEM) yang ditunjukkan pada Gambar 1 dengan perbesaran 2500 kali.

Pada Gambar 1(a) sampel karbon kulit salak dengan aktivasi KOH memperlihatkan sudah terbentuknya pori yang merata dengan jumlah yang banyak pada permukaan sampel. Pada Gambar 1(b) sampel karbon kulit salak dengan aktivasi $ZnCl_2$

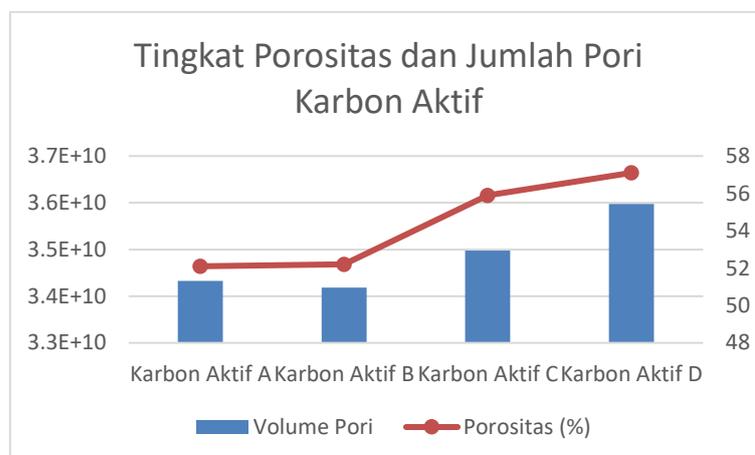
menunjukkan terbentuk pori namun permukaannya cenderung bersekat-sekat dan jumlah pori tertutup lebih banyak di bandingkan dengan aktivator KOH. Hal ini dikarenakan dengan menggunakan aktivator $ZnCl_2$ dapat membentuk fasa ZnO didalamnya. Untuk hasil SEM dari aktivator bertingkat Karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) ditunjukkan pada Gambar 1(c). Morfologi permukaan sampel memperlihatkan terbentuknya pori lebih banyak dibandingkan aktivasi sebelumnya, namun tetap terlihat ada beberapa permukaan yang masih tertutup dan bersekat-sekat. Sedangkan pada Gambar 1(d) memperlihatkan hasil SEM dari permukaan karbon aktif kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $KOH + ZnCl_2$ (s), dimana terlihat pori yang terbentuk belum terdistribusi secara merata namun memiliki jumlah pori paling banyak dibanding dengan variasi aktivator lainnya. Dari hasil SEM menunjukkan ukuran pori dalam skala nano.



Gambar 1. Gambar 1. Hasil SEM. (a) karbon kulit salak dengan aktivasi KOH (b) karbon kulit salak dengan aktivasi $ZnCl_2$ (c) karbon kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) (d) karbon kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $KOH + ZnCl_2$ (s)

Pada Gambar 2 memperlihatkan grafik hubungan sampel karbon aktif dengan tingkat porositas dan jumlah pori. Berdasarkan grafik ini terlihat bahwa dengan variasi aktivator bertingkat mempunyai volume pori dan tingkat porositas yang semakin besar, dimana volume pori pada sampel karbon aktif dengan aktivator bertingkat Karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) dan karbon aktif dengan aktivator bertingkat Karbon $KOH + ZnCl_2$ (s) masing-masing mempunyai volume pori $34.974.467.360 \text{ nm}^3$ dan $35.976.798.714 \text{ nm}^3$. Dengan adanya variasi bertingkat pada aktivator maka semakin banyak zat hidrokarbon atau zat pengotor yang terangkut sehingga akan meningkatkan volume pori karbon aktif. Peningkatan volume pori ini akibat dari terlarutnya pengotor-pengotor yang mengisi sistem pori bahan pada saat proses aktivasi sebanyak 2x (bertingkat). Selain itu proses aktivasi karbon aktif dengan

asam berfungsi untuk melarutkan impuritas-impuritas yang timbul selama proses karbonisasi yang menutupi sistem pori karbonaktif [13].



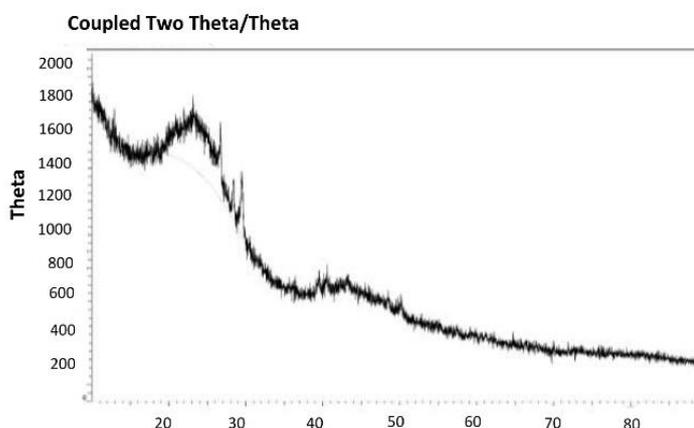
Gambar 2. Grafik tingkat porositas dan jumlah pori Karbon Aktif Kulit Salak

Dengan semakin besarnya nilai volume pori, maka porositas dari karbon aktif yang diaktivasi bertingkat juga semakin tinggi. Hal ini dapat dilihat dengan aktivator bertingkat Karbon $ZnCl_2 + KOH$ (s) dan karbon aktif dengan aktivator bertingkat Karbon $KOH + ZnCl_2$ (s) mempunyai tingkat porositas 55,9% dan 57,1% yang mempunyai nilai lebih besar jika dibandingkan dengan aktivasi satu kali.

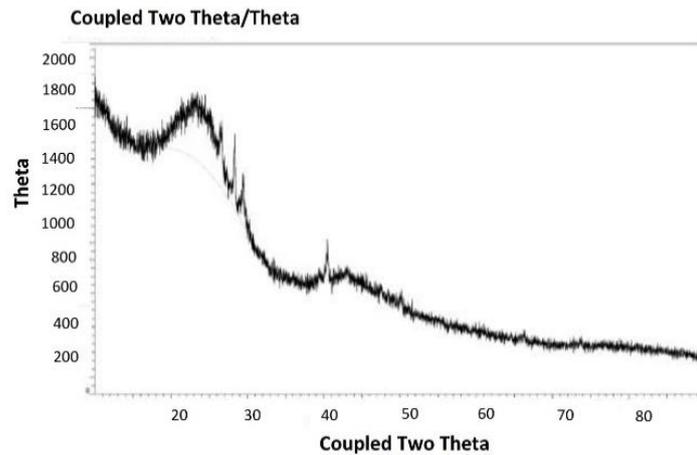
Hasil SEM dengan aktivasi bertingkat memiliki pori yang lebih banyak dibandingkan dengan sampel karbon aktif kulit salak yang diaktivasi sekali. Namun untuk distribusi pori dari keempat sampel ini masih kurang merata. Hal ini mungkin dikarenakan pada saat proses karbonisasi tidak dialiri gas Nitrogen yang juga mempengaruhi distribusi pori pada permukaan karbon aktif kulit salak yang tidak merata [12].

Hasil Pengujian XRD

Pola difraksi XRD sampel serbuk karbon kulit salak yang diaktivasi satu kali dengan KOH dan $ZnCl_2$ ditunjukkan pada Gambar 3.

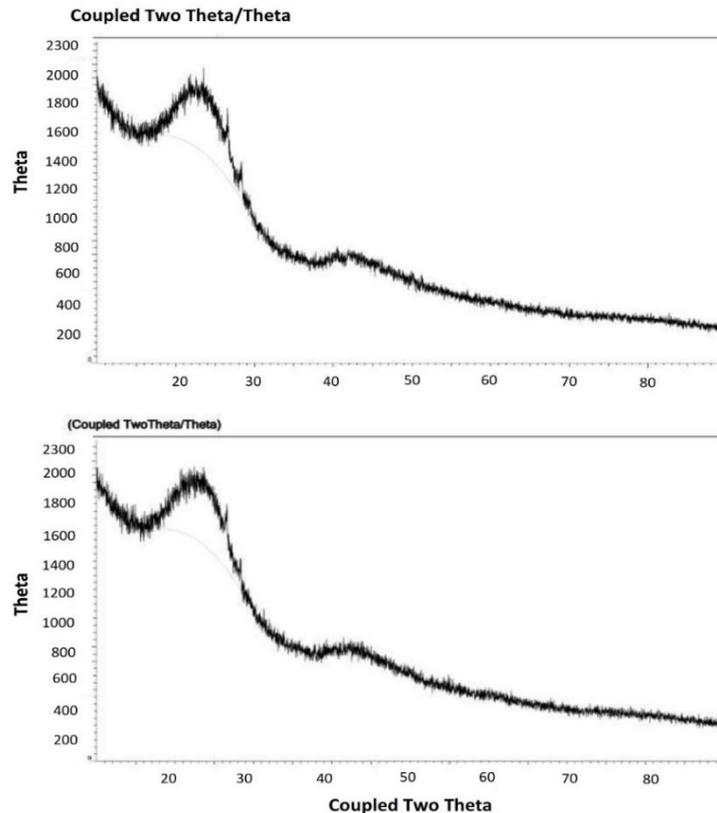


Gambar 3. Hasil XRD karbon kulit salak dengan aktivasi KOH



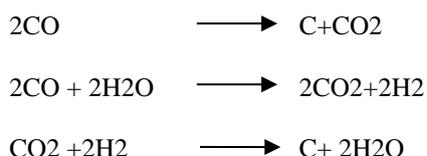
Gambar 4. Hasil XRD karbon kulit salak dengan aktivasi ZnCl_2

Gambar 3 menunjukkan pola XRD sampel serbuk karbon kulit salak yang diaktivasi dengan ZnCl_2 , sedangkan Gambar 4 menunjukkan pola XRD sampel serbuk karbon kulit salak yang diaktivasi dengan KOH. Pola difraksi XRD sampel serbuk karbon kulit salak yang diaktivasi bertingkat karbon $\text{ZnCl}_2 + \text{KOH}$ (s) dan karbon $\text{KOH} + \text{ZnCl}_2$ (s) ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 1. Hasil XRD. (a) karbon kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $\text{ZnCl}_2 + \text{KOH}$ (s) (b) karbon kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $\text{KOH} + \text{ZnCl}_2$ (s)

Pada gambar 4(c) menunjukkan pola XRD sampel karbon kulit salak dengan aktivator bertingkat Karbon $\text{ZnCl}_2 + \text{KOH}(s)$ sedangkan pada gambar 4(d) menunjukkan pola XRD sampel karbon kulit salak yang diaktivasi bertingkat yaitu diaktivasi dengan $\text{KOH} + \text{ZnCl}_2 (s)$. Dari semua hasil difraksi XRD serbuk karbon kulit salak menunjukkan terbentuk struktur amorf dengan puncak yang melebar dan meningkat. Meningkatnya puncak difraksi ini mengindikasikan bahwa derajat kristalinitas sampel serbuk karbon kulit salak semakin tinggi pula. Peristiwa peningkatan derajat kristalinitas pada sampel serbuk karbon kulit salak ini serupa dengan sampel grafit yang merupakan unsur utama pembentuk karbon aktif, reaksi yang memungkinkan dalam pembentukan grafit adalah sebagai berikut :



Nilai intensitas XRD ini dipengaruhi oleh tingkat kristalinitas bahan, yang disini adalah kulit salak wedi. Dimana semakin tinggi intensitasnya maka semakin kristalin bahan tersebut. Ketika suatu bahan berstruktur kristalin, maka susunan atomnya akan lebih teratur dan rapi. Hal inilah yang mempengaruhi sifat bahan itu sendiri, termasuk sifat listriknya. Saat susunan atom menjadi lebih rapi, elektron akan lebih cepat mengalir dalam bahan tersebut dan membuat bahan memiliki sifat konduktivitas yang lebih baik[12].

4. Kesimpulan

Dari penelitian ini di dapatkan hasil pada aktivasi bertingkat mempunyai jumlah pori dan tingkat porositas yang lebih besar jika dibandingkan dengan aktivasi yang hanya dilakukan satu kali, dengan hasil volume pori terbesar dengan aktivator bertingkat Karbon $\text{KOH} + \text{ZnCl}_2 (s)$ yaitu sebanyak $35.976.798.714 \text{ nm}^3$. Selain itu pada hasil analisis XRD mengindikasikan karbon aktif dari kulit salak termasuk bahan yang memiliki sifat konduktivitas yang baik karena mempunyai struktur kristalin dimana susunan atomnya lebih teratur dan rapi.

Ucapan Terima Kasih

Kami berterimakasih kepada DRPM Kemenristek Dikti yang telah mendanai riset ini. Penelitian ini masuk kedalam skema Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Anggaran 2021.

Daftar Pustaka

1. V. N. Fitriana, "Sintesis Dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit Tio_2/C ," 2014.
2. Y. Zhou, M. Fan, L. Chen, And J. Zhuang, "Lignocellulosic Fibre Mediated Rubber Composites: An Overview," *Composites Part B: Engineering*, Vol. 76, Pp. 180–191, 2015.
3. B. Mardwianta And S. T. T. Adisutjipto, "Pembangkitan Energi Listrik Pada Baterai Udara Dengan Bahan Karbon Aktif Dan Elektrolit Air Laut," 2017.

4. H. M. Waluyo, I. D. Faryuni, And A. Muid, "Analisis Pengaruh Ukuran Pori Terhadap Sifat Listrik Karbon Aktif Dari Limbah Tandan Sawit Pada Prototipe Baterai," *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika Fmipa Universitas Lambung Mangkurat*, Vol. 14, No. 1, Pp. 27–33, 2017.
5. A. N. Permata, R. R. A. P. Permatasari, And A. Takwanto, "Studi Awal Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Pada Proses Aktivasi Karbon Dari Kayu Halaban Menggunakan $ZnCl_2$ Dan Koh," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, Vol. 5, No. 2, Pp. 141–146, 2019.
6. N. Nurhidayanti, "Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tempurung Kelapa Dalam Menurunkan Kadar Amonia Total Dalam Air Limbah Industri," *Pelita Teknologi*, Vol. 15, No. 1, Pp. 68–76, 2020.
7. M. D. Habibah, "Variasi Holding Time Suhu Aktivasi Karbon Aktif Dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) Sebagai Elektroda Pada Superkapasitor," *Inovasi Fisika Indonesia*, Vol. 5, No. 1, 2016.
8. F. Susanti, E. Taer, And Others, "Analisis Perbedaan Bahan Aktivator Dalam Pembuatan Elektroda Superkapasitor Dari Arang Tempurung Kelapa".
9. A. Deininger And Others, "Challenges To Organic Farming And Sustainable Land Use In The Tropics And Subtropics, University Of Kassell-Witzenhausen, Germany, 9-11 October 2002.," *Challenges To Organic Farming And Sustainable Land Use In The Tropics And Subtropics, University Of Kassell-Witzenhausen, Germany, 9-11 October 2002.*, 2002.
10. N. Bagheri And J. Abedi, "Preparation Of High Surface Area Activated Carbon From Corn By Chemical Activation Using Potassium Hydroxide," *Chemical Engineering Research And Design*, Vol. 87, No. 8, Pp. 1059–1064, 2009.
11. Nurdiansah, Haniffudin., "Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi Dan Temperatur Aktivasi Fisika Dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (Edlc)". Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi, Institut Teknologi Surabaya (2013).
12. R. F. Suwandana and D. Susanti, "Analisis Pengaruh Massa Reduktor Zinc terhadap Sifat Kapasitif Superkapasitor Material Graphene," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 4, no. 1, pp. F95–F100, 2015.
13. S. Karthikeyan and P. Sivakumar. "The Effect of Activating Agents on the Activated Carbon Prepared from *Feronia limonia* (L.) Swingle (Wood Apple) Shell." *J. Environ. Nanotechnol.*, vol. 1, no. 1, pp. 5-12, 2012.