

FABRIKASI DAN KARAKTERISASI ELEKTRODA KARBON DARI BIOMASSA SERABUT BUAH NIPAH DENGAN VARIASI KONSENTRASI AKTIVATOR KOH

Ade Nur Indah Lestari*¹, Rakhmawati Farma*², Vepy Asyana, Awitrus

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Riau

*E-mail korespondensi: ¹adenurindahlestari98@gmail.com; ²rakhmawati.farma@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Today the need for electrical energy has increased due to the large number of electronic devices that require high electrical energy. To overcome this, a large storage of electrical energy is needed. One of the constituents of energy storage devices that is very important is the electrode. This study used nipah fibers as the basic material for electrodes, because the potential of nipah fruit has not been widely used. The purpose of this study was to determine the effect of KOH activator on the quality of activated carbon from nipah fruit fibers using variations of KOH activator concentrations 0.2 M, 0.3 M, and 0.4 M with sample codes SBN-02, SBN-03, and SBN-04. The manufacture of activated carbon electrodes is carried out through a process of pre-carbonization, chemical activation, carbonization, and physical activation. Characterization of TGA resulted in a resistant temperature of 296°C with a maximum speed of 0.166mg/min. XRD analysis produced a semicrystalline diffraction pattern consisting of two peaks around 24° and 44° at an angle of 2θ indicating the orientation of the hkl (002) and (001) planes.

Keywords: Nypa fruticans fibers, Carbon electrodes, Activated carbon, Potassium hydroxide

ABSTRAK

Hari ini kebutuhan energi listrik mengalami peningkatan karena banyaknya perangkat elektronik yang membutuhkan energi listrik yang tinggi, untuk mengatasi hal ini dibutuhkan sebuah penyimpan energi listrik yang besar. Salah satu penyusun piranti penyimpan energi yang sangat berperan penting yaitu elektroda. Penelitian ini menggunakan serabut dari buah nipah sebagai bahan dasar pembuatan elektroda, karena potensi dari buah nipah yang belum banyak dimanfaatkan. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh aktivator KOH terhadap kualitas karbon aktif dari serabut buah nipah menggunakan variasi konsentrasi aktivator KOH 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M dengan kode sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04. Pembuatan elektroda karbon aktif dilakukan melalui proses pra-karbonisasi, aktivasi kimia, karbonisasi, dan aktivasi fisika. Karakterisasi TGA menghasilkan suhu tahan 296°C dengan kelajuan maksimum 0,166mg/min. Analisis XRD menghasilkan pola difraksi berbentuk semikristalin yang terdiri dari dua puncak sekitar 24° dan 44° pada sudut 2θ yang menunjukkan orientasi bidang hkl (002) dan (001).

Kata kunci: Serabut buah nipah, Elektroda karbon, Karbon aktif, Kalium hidroksida

Diterima 06-08-2020 | Disetujui 10-11-2020 | Dipublikasi 30-11-2020

PENDAHULUAN

Pertumbuhan teknologi semakin berkembang pesat khususnya di bidang elektronik, telekomunikasi digital, dan transportasi, hal ini menyebabkan meningkatnya sumber energi yang dibutuhkan. Penyediaan energi listrik menjadi salah satu

faktor yang sangat penting untuk mendorong pembangunan. Penyimpanan energi listrik yang besar sangat dibutuhkan untuk mengatasi kebutuhan energi karena banyaknya barang-barang hasil produksi yang membutuhkan energi listrik yang tinggi.

Sumber energi alternatif menjadi pilihan utama masyarakat, karena sumber yang relatif

murah, ketersediaannya yang sangat melimpah dan dapat diperbaharui. Salah satu sumber energi alternatif merupakan biomassa. Biomassa dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan elektroda karbon aktif [1]. Karbon aktif umumnya digunakan sebagai piranti penyimpan energi seperti baterai dan superkapasitor. Pembuatan elektroda karbon aktif menggunakan biomassa sudah dilakukan para peneliti, seperti serabut tandan kosong kelapa sawit [2], cangkang kelapa sawit [3], bambu [4], dan lain-lain.

Penelitian ini memanfaatkan serabut buah nipah untuk dijadikan elektroda karbon aktif, yang mana potensi dari tanaman nipah belum dimanfaatkan secara optimal. Biasanya masyarakat hanya memanfaatkan daunnya sebagai anyaman dan tandan yang diambil nirahnya. Salah satu usaha dalam pemanfaatan potensi buah nipah yaitu menjadikan serabut buah nipah sebagai bahan dasar dalam pembuatan karbon aktif dengan variasi konsentrasi aktivator kalium hidroksida (KOH) dengan tujuan mengetahui pengaruh aktivator KOH terhadap kualitas karbon aktif dari serabut buah nipah.

TINJAUAN PUSTAKA



Gambar 1. Buah nipah.

Nipah atau *Nypa Fruticans* adalah salah satu tanaman palmae yang tumbuh di daerah pasang surut air laut serta tersebar hampir merata diseluruh Indonesia. Menurut Lutony [5] Indonesia memiliki daerah pasang surut

yang luasnya di perkirakan 7.000.000 hektar rawa pasang surut dan nipah adalah salah satu flora yang tumbuh pada habitat.

Nipah memiliki buah yang berbentuk pipih dan berwarna coklat kemerah-merahan seperti yang diilustrasikan pada Gambar 1, dimana pada buah nipah terdapat kulit buah yang terdiri dari serabut-serabut seperti serabut pada kulit buah kelapa, akan tetapi serabut pada kulit nipah tersebut lebih halus seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Serabut buah nipah.

Karbon aktif berasal dari karbon yang diaktifkan, berbentuk amorf, dan dapat dihasilkan dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Mengalami proses pengaktifan sehingga pori-pori terbuka dan memiliki daya serap (adsorpsi) yang tinggi. Proses pengaktifan karbon sehingga menghasilkan daya serap yang tinggi melalui proses aktivasi, dimana pada proses aktivasi ini terjadi penghilangan gas-gas, hidrogen dan air pada permukaan karbon. Karbon aktif dapat dihasilkan dari biomassa, misalnya tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, ampas penggilingan tebu, serbuk gergaji dan lain-lain [6].

METODE PENELITIAN

Prosedur Pembuatan Elektroda Superkapasitor

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen menggunakan

biomassa serabut buah nipah untuk dijadikan elektroda sel superkapasitor dengan variasi konsentrasi aktivator KOH 0,2 M, 0,3 M, dan 0,4 M, menggunakan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dan sifat elektrokimia sel superkapasitor.

Buah nipah yang digunakan berasal dari desa Bukit Batu kecamatan Bukit Batu kabupaten Bengkalis. Tahap awal pengolahan serabut kulit di pisahkan dari buah dan cangkangnya, kemudian serabut ditumbuk dan diuraikan agar proses penjemuran lebih optimal. Proses penjemuran dilakukan kurang lebih selama 3 sampai 4 hari dibawah terik matahari, hingga massa benar-benar konstan.

Sampel di pra-karbonisasi pada suhu 200 °C menggunakan oven selama 1 jam dengan massa sampel 30 gram di dalam wadah *stainless stell*. Penggilingan dilakukan menggunakan mortar secara manual dan menggunakan *ball milling* selama 20 jam bertujuan menghasilkan serbuk yang ukurannya lebih kecil hingga berskala mikrometer. Pengayakan dilakukan menggunakan ayakan 53 µm sehingga sampel menghasilkan ukuran yang homogen.

Aktivasi kimia menggunakan aquades dan zat pengaktif KOH dengan variasi konsentrasi 0,2 M, 0,3 M, 0,4 M. Proses awal melarutkan KOH 250 ml kemudian dipanaskan diatas *hot plate* pada temperatur 80 °C selama 1 jam dan diaduk menggunakan *magnetic stirer*, selanjutnya serbuk serabut buah nipah sebanyak 30 gram dimasukkan secara perlahan agar larutan dapat tercampur secara merata dan *stirer* selama 1 jam. Aktivasi kimia bertujuan untuk memperbesar pori-pori dan luas permukaan karbon aktif. Pelet di cetak menggunakan *Hydraulic press* dengan memberikan tekanan sebesar 8 ton selama 2 menit, massa sampel yang dicetak untuk satu pelet adalah 0,75 gram.

Karbonisasi adalah proses pemanasan bahan baku dalam keadaan vakum dengan suhu tinggi dilakukan didalam *furnance* dengan mengalirkan gas N₂ pada temperatur 800 °C, bertujuan untuk membuang bahan-bahan yang bukan karbon. Sedangkan aktivasi

fisika dilakukan menggunakan gas CO₂ pada temperatur 900 °C yang bertujuan meningkatkan luas permukaan, memperbesar pori-pori, dan meningkatkan konduktivitas pelet karbon yang dihasilkan. Proses selanjutnya adalah pencucian, pengeringan sehingga didapatkan elektroda karbon berbahan dasar serabut buah nipah.



Gambar 3. Elektroda karbon aktif dari serabut buah nipah.

Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan mengukur massa, diameter, dan tebal elektroda karbon sebelum dan sesudah dilakukan karbonisasi-aktivasi fisika. Besarnya nilai densitas suatu material dapat dihitung menggunakan Persamaan (1).

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Thermogravimetry Analyzer (TGA)

TGA adalah suatu teknik pengukuran dengan mengumpulkan spektrum inframerah untuk menentukan stabilitas termal suatu material dengan menghitung perubahan berat yang dihubungkan dengan perubahan temperatur [7].

X-Ray Diffraction (XRD)

XRD adalah metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan

atom yang tersusun di dalam sistem kristal [8]. XRD dapat menentukan suatu material bersifat amorf atau kristal. Dimensi mikrokristalin pada sampel dapat ditentukan dari pola XRD menggunakan persamaan Debye-Scherrer yaitu tinggi lapisan mikrokristalin (L_c) dan lebar lapisan mikrokristalin (L_a), persamaannya sebagai berikut [8].

$$L_a = \frac{1,94\lambda}{\beta \cos\theta_{100}} \quad (2)$$

$$L_c = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta_{002}} \quad (3)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Presentase Susut Massa

Pengukuran presentase susut massa dapat dihitung sebelum dan sesudah pra-karbonisasi. Tabel 1 menampilkan rata-rata persentase penyusutan massa pada biomassa serabut buah nipah.

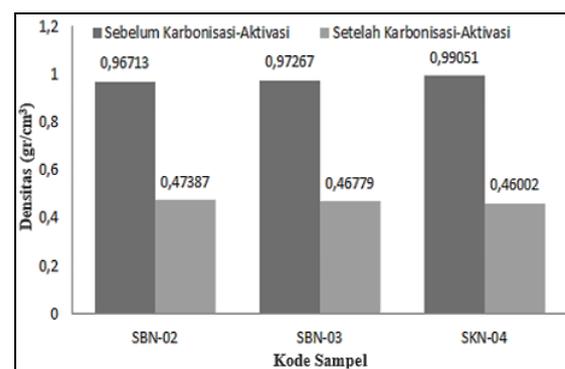
Tabel 1. Penyusutan massa serabut buah nipah pada proses prakarbonisasi.

Pra-karbonisasi	Massa (gram)		Penyusutan massa (gram)	Persentase penyusutan massa (%)
	Sebelum	Sesudah		
1	30	22,97	7,03	23,43
2	30	25,33	4,67	15,56
3	30	21,63	8,37	27,90
4	30	20,51	9,49	31,63
5	30	20,49	9,51	31,70
6	30	21,80	8,2	27,33
7	30	21,16	8,84	29,46
8	30	22,39	7,61	25,36
9	30	21,61	8,39	27,96
10	30	21,83	8,17	27,23
Rata-rata				26,76

Tabel 1 menunjukkan massa sampel sebelum dan sesudah pra-karbonisasi. Rata-rata persentase penyusutan massa sebelum dan sesudah pra-karbonisasi sebesar 26,76%. Massa sampel sesudah pra-karbonisasi selalu lebih rendah dibanding sebelum pra-karbonisasi, hal ini dikarenakan adanya penguapan air dan volatil. Penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Yanuar *et al.* [9] bahwa rata-rata persentase penyusutan massa sebesar 26,63%.

Pengukuran Densitas

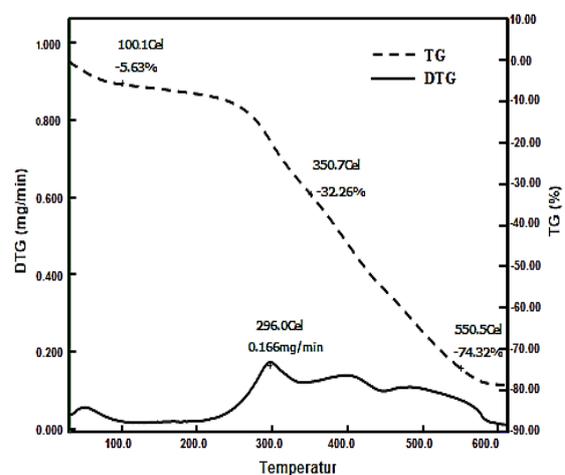
Pengukuran densitas dilakukan sebelum dan sesudah proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Gambar 4 menunjukkan grafik hasil pengukuran nilai densitas. Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel SBN-04 mengalami penyusutan densitas terbesar sehingga memiliki nilai densitas terkecil, hal ini dikarenakan semakin tinggi molaritas suatu sampel semakin besar massa sampel mengalami degradasi sehingga sampel memiliki nilai densitas rendah [10]



Gambar 4. Grafik densitas sebelum dan sesudah karbonisasi-aktivasi fisika.

Analisa TGA

Karakterisasi TGA dari dari biomassa serabut buah nipah menghasilkan data berupa plot DTG dan TG dengan kecepatan pemanasan 10 °C seperti yang ditunjuk pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva TGA dan DTGA Serabut Buah Nipah.

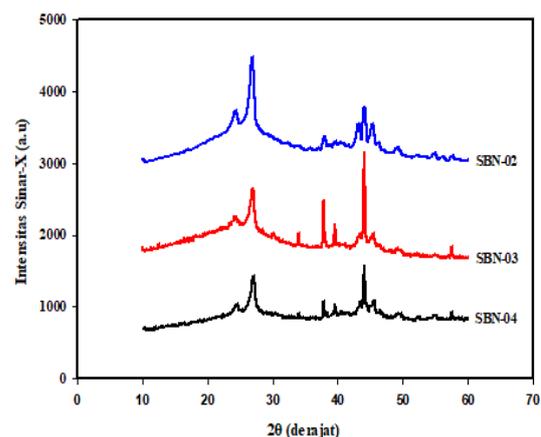
Gambar 5 menunjukkan data TG atau kurva susut massa dilambangkan dengan garis putus-putus yang terjadi 3 tahap, tahap pertama pada suhu 100,1 °C mengalami degradasi massa sebesar 5,63% sehingga pada suhu tersebut telah terjadi penguapan kadar air pada sampel, tahap kedua pada suhu 350,7 °C mengalami degradasi massa sebesar 32,26%, hal tersebut menunjukkan pada tahap ini terjadi penguapan selulosa, hemiselulosa dan lignin secara bersamaan, Kemudian pada suhu 550 °C mengalami degradasi massa sebesar 74,32% dikarenakan banyaknya lignin yang belum menguap pada suhu 350 °C sehingga pada suhu 550 °C lignin mengalami penguapan sangat banyak. Hasil tersebut sesuai dengan pendapat Islam *et al.* [11] yaitu Hemiselulosa terdegradasi pada suhu 220 °C - 315 °C, kemudian Selulosa akan mengalami degradasi pada suhu 315 °C – 400 °C dengan maksimum laju susut massa 2,84% pada suhu 355 °C, sedangkan Lignin akan terdegradasi atau mengalami penguapan sangat lambat dari suhu rendah yaitu pada suhu 150 °C – 900 °C [12].

Kurva DTG atau laju susut massa, puncak pertama mengalami penguapan air pada suhu 50 °C dengan laju penguraian sekitar 0,050 mg/min, puncak kedua dengan suhu 296 °C terjadi penguapan secara signifikan yaitu hemiselulosa, selulosa, dan lignin dengan laju penguraian maksimum 0,166 mg/min, Puncak ketiga dengan suhu 400 °C masih terjadi penguapan selulosa dan lignin dengan laju penguraian sekitar 0,120 mg/min [13]. Puncak terakhir masih terjadi penguapan lignin pada suhu 500°C dengan laju penguraian sekitar 0,10 mg/min [12]. Puncak kedua pada data DTG pada suhu 296 °C dengan laju penguraian maksimum merupakan suhu tahanan termal untuk biomassa serabut buah nipah yang dijadikan sebagai suhu tahan pada proses karbonisasi.

Analisis XRD

Karakterisasi XRD menggunakan biomassa serabut buah nipah variasi aktivasi kimia untuk

sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04 menghasilkan pola difraksi sinar-X yang terlihat pada Gambar 6. Pola difraksi yang dihasilkan berbentuk semi kristalin yang terdiri dari dua puncak pada sudut 2θ sekitar 24° dan 44° yang menunjukkan orientasi bidang hkl (002) dan (100) berturut-turut [14]. Unsur karbon (C) pada umumnya terletak pada sekitar sudut 24° dan 44°. Hasil karakterisasi XRD juga menampilkan informasi mengenai kisi dan stuktur sampel. Tabel 2 menampilkan parameter kisi yaitu lebar kisi (L_a) dan tinggi kisi (L_c).



Gambar 6. Pola difraksi sinar-X untuk sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04.

Tabel 2. Parameter Kisi dan Dimensi Mikro Kristalin Elektroda dari Serabut Buah Nipah.

Kode Sampel	2θ		Dimensi Mikro kristalin		L_c/L_a
	(002)	(100)	L_a (nm)	L_c (nm)	
SBN-02	24,012	44,075	6,815	4,944	0,725
SBN-03	24,200	43,000	14,90	6,272	0,420
SBN-04	25,120	45,560	12,16	7,732	0,636

Tabel 1 menunjukkan bahwa sampel SBN-02 memiliki nilai L_c terkecil. Menurut Kumar [15] berdasarkan rumus empirisnya hubungan dimensi mikro kristalin (L_c) dengan luas permukaan adalah $S = 2/\rho L_c$. Berdasarkan rumus tersebut bahwa nilai L_c berbanding terbalik dengan luas permukaan, sehingga semakin rendah nilai L_c maka semakin besar luas permukaannya, dapat disimpulkan bahwa besarnya luas permukaan tergantung pada besarnya densitas dan nilai L_c yang dimiliki pada sampel

KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon dari biomassa serabut buah nipah berhasil dilakukan dengan variasi konsentrasi KOH. Rata-rata persentase susut massa adalah 26,76%. Densitas sampel setelah dilakukan karbonisasi dan aktivasi fisika untuk sampel SBN-02, SBN-03, dan SBN-04 masing-masing adalah 0,47387 gram/cm³, 0,46779 gram/cm³, dan 0,46002 gram/cm³. Karakterisasi TGA menghasilkan suhu tahan sebesar 296 °C, suhu tersebut dipakai untuk suhu tahan pada karbonisasi. Analisis XRD menunjukkan bahwa sampel bersifat amorf ditandai dengan adanya sudut 2θ sekitar 24,012° dan 44,075° untuk sampel SBN-02, sudut 24,200° dan 43,000° untuk sampel SBN-03, dan untuk sampel SBN-04 pada sudut 25,126° dan 45,56°, dengan nilai L_C terkecil dimiliki sampel SBN-02.

REFERENSI

1. Wei, L. & Yaslim, G. (2012). Nanostuctured actived carbon from natural precursors for electrical double layer capacitors. *Nano Energy*, **1**, 552–565.
2. Farma, R. & Hasibuan, R. R. (2017). Karakterisasi sifat fisis dan elektrokimia sel superkapasitor dengan penumbuhan nanopartikel platinum di atas pengumpul arus. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **14**(2), 1067–1072.
3. Tetra, O. N., Aziz, H., Emriadi., Ibrahim. S., & Alif, A. (2018). Superkapasitor berbahan dasar karbon aktif dan larutan ionik sebagai elektrolit. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 39–46.
4. Tumimomor, F., Maddu, A., & Pari, G. (2017). Pemanfaatan karbon aktif dari bambu sebagai elektroda superkapasitor. *Jurnal Ilmiah Sains*, **17**(1), 75–79.
5. Lutony, T. L. (1993). *Tanaman sumber pemanis*. Jakarta: PT. Penebar Swadaya.
6. Imammuddin, M., Soeparman, S., & Suprpto, W. (2018). Pengaruh temperatur karbonisasi terhadap mikrostruktur dan pembentukan kristal pada biokarbon eceng gondok sebagai bahan dasar absorber gelombang elektromagnetik radar. *Jurnal Rekayasa Mesin*, **9**(2), 135–141.
7. Griffith, P. (1975). *Chemical infrared fourir transform spectroscopy*. New York: John Wiley and Sons.
8. Cullity BDSSR. (2001). *Elements of x-ray diffraction*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
9. Yanuar, Iwantono, Taer, E., & Andriani, R. (2010). Pengaruh ketebalan elektroda terhadap nilai kapasitansi spesifik dan “Retained ratio” serbuk gergaji kayu karet untuk pembuatan superkapasitor. *Prosiding Seminar Nasional Fisika II*, Surabaya, Indonesia, 17 Juli 2010, C72-C78.
10. Taer, E., Yusra, H., Iwantono., & Taslim R. (2016). Analisa dimensi, densitas dan kapasitansi spesifik elektroda karbon superkapasitor dari bunga rumput gajah dengan variasi konsentrasi pengaktifan KOH. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, **1**(1), 45–48.
11. Islam, M. A., Asif, M., & Hameed, B. H. (2015). Pyrolysis kinetics of raw and hydrothermally carbonized karanj (pongamia pinnata) fruit hulls via thermogravimetric analysis. *Bioresour. Technol.*, **179**, 227–233.
12. Yang, H., Yan, R., Chen, H., & Lee, D. H. (2007). Characteristic of hemicellulose, cellulose, and lignin pyrolysis. *Fuel*, **86**(12-13), 1781–1788.
13. Tsamba, A. J., Yang, W., & Blasiak, W. (2006). Pyrolysis characteristic and global kinetics of coconut and chasew nut shells. *Fuel Process. Technol.*, **87**(6), 523–530.
14. Farma, R., Deraman, I., Awitdrus, A., Talib, I. A., Taer, E., Basri, N.H., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., Dollah, B. N. M., & Hashmi, S. A. (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of

- oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresour. Technol.*, **132**, 254–261.
15. Kumar, K., Saxena, R. K., Kothari, R. D., Suri, K., Kaushik, N. K., & Bohra, J. N. (1997). Correlation between adsorption and x-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth. *Carbon (New York, NY)*, **12**(35), 1842–1844.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)