

Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Air dan Abu Serta Kemampuan Adsorpsi Arang Tempurung Nipah Teraktivasi Asam Klorida

Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu^{1*}, Rosita Dwityaningsih², Ulikaryani³

^{1,2}Program Studi Teknik Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap

³Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: theresiaevila@pnc.ac.id¹, rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id², ulikaryani@pnc.ac.id³

Abstrak

Info Naskah:

Naskah masuk: 19 November 2021

Direvisi: 27 Desember 2021

Diterima: 4 Januari 2022

Wilayah Cilacap, Jawa Tengah, Indonesia merupakan wilayah pesisir yang banyak ditumbuhi tanaman nipah, sehingga menjadikannya sebagai salah satu kekayaan alam lokal yang potensial untuk dimanfaatkan. Pemanfaatan tanaman ini telah dilakukan untuk bidang pangan, energi, sandang, farmasi, dan perabotan akan tetapi sebagai bahan pembuat anoda baterai *lithium-ion* masih baru diteliti. Studi mengenai baterai *lithium-ion* di Indonesia khususnya belum lama dimulai sehingga penelitian di bidang ini masih terbatas dan sedikit jumlahnya, namun pengembangan baterai *lithium-ion* telah menjadi salah satu prioritas riset bidang sumber energi baru terbarukan sebagaimana tertuang dalam *masterplan* riset nasional Indonesia (RIRN) periode tahun 2017 – 2045. Penelitian ini dilakukan untuk meneliti potensi kelayakan tempurung nipah sebagai bahan anoda baterai *lithium-ion*. Parameter uji kelayakan yang dikaji dalam penelitian ini meliputi kadar air, kadar abu serta kemampuan adsorpsi yang dinyatakan dalam bilangan iodin dan *methylene blue* yang merupakan karakterisasi dasar untuk arang aktif yang mengacu pada SNI 06-3730-1995. Proses karbonisasi tempurung nipah dijalankan dengan adanya oksigen pada suhu hasil optimasi yakni sebesar 210 °C dengan variasi interval waktu 1 jam mulai dari 3 sampai 8 jam kemudian diikuti proses aktivasi menggunakan asam kuat yakni HCl dengan konsentrasi 2 M. Hasil eksperimen menunjukkan nilai rata-rata dari kadar air, kadar abu, bilangan iodin, dan *methylene blue* secara berturut-turut adalah 12,5%; 1,75%; 2515,9161 mg/g; dan 97% yang seluruhnya di atas nilai standar baku mutu sehingga kesimpulan dari penelitian ini adalah arang aktif dari tempurung nipah memiliki karakteristik dasar yang potensial untuk dikembangkan lebih lanjut termasuk sebagai bahan baku anoda baterai *lithium-ion*.

Abstract

Keywords:

anoda;

battery;

lithium-ion;

nipah shell.

The Cilacap region, Central Java, Indonesia is a coastal area that is overgrown with nipa palm trees, making it one of the potential local natural resources to be exploited. Utilization of this plant has been carried out for the fields of food, energy, clothing, pharmaceuticals, and furniture, but as an anode material for lithium-ion batteries is still being researched. Studies on lithium-ion batteries in Indonesia in particular have not started long ago so that research in this field is still limited and few in number, but the development of lithium-ion batteries has become one of the national research priorities in the field of new and renewable energy sources as stated in the Indonesian national research master plan (RIRN) for the period 2017 – 2045. This study was conducted to examine the potential feasibility of activated charcoal from nipah shells as anode material for lithium-ion batteries. The feasibility test parameters studied in this study include water content, ash content and adsorption capacity stated as iodine and methylene blue number which are the basic characterizations for activated charcoal referring to SNI 06-3730-1995. The nipah shell carbonization process was carried out in the presence of oxygen at an optimized temperature of 210 oC with a 1 hour time interval variation from 3 to 8 hours, followed by an activation process using a strong acid, namely HCl with a concentration of 2 M. The experimental results showed the average value of moisture content, ash content, iodine, and methylene blue number are 12.5%, respectively; 1.75%; 2515.9161 mg/g; and 97%, all of which are above the quality standard values, so the conclusion from this study is that activated charcoal from nipah shell has basic characteristics that have the potential to be further developed, including as raw material for lithium-ion battery anodes.

*Penulis korespondensi:

Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu

E-mail: theresiaevila@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Tanaman nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb.) adalah tanaman golongan palem yang juga merupakan tanaman *mangrove* karena tanaman ini tumbuh pada kondisi tanah berair dan berlumpur lunak yang airnya memiliki gelombang kecil, biasanya di sepanjang aliran sungai atau pertemuan sungai dengan lautan yang alirannya membawa banyak nutrisi. Tanaman ini cukup unik karena tumbuh dengan batang yang terendam dalam air sedangkan daun dan buahnya berada di permukaan air [1].



Gambar 1. Tanaman nipah [2]

Tanaman nipah banyak terdapat di daerah sepanjang garis pantai Samudera Hindia hingga Pasifik seperti India, Indonesia, Malaka (Singapura dan Malaysia), Filipina sampai pulau-pulau di Samudera Pasifik. Daerah Cilacap terletak di daerah pesisir pulau Jawa, Indonesia yang termasuk daerah garis pantai Samudera Hindia sehingga Cilacap banyak ditumbuhi tanaman ini. Tanaman nipah dapat dijumpai di wilayah muara-muara pantai dengan gelombang kecil di Cilacap hingga perbatasan Kebumen, dan Purworejo yang masih berada di sepanjang pesisir pantai selatan Jawa [1]. Pemanfaatan tanaman nipah sudah dilakukan dalam berbagai produk seperti gula dan bahan tambahan untuk makanan dan minuman, serat untuk bahan baku berbagai macam barang (topi, sapu, keranjang), biofuel, serta bahan baku obat tradisional maupun industri farmasi [3], namun kajian untuk memanfaatkan tanaman nipah terutama bagian tempurung buah sebagai bahan baku anoda baterai *lithium-ion* belum dilakukan.

Studi mengenai material anoda baterai mengacu pada Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai pemerintah Indonesia melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral yang bertujuan meningkatkan ketahanan energi nasional dengan cara mengurangi impor BBM dari fosil. Program ini mulai diluncurkan pada tanggal 17 Desember 2020 sebagai pelaksanaan Peraturan Presiden no. 55 tahun 2019 yang juga dituangkan dalam Visi Rencana Induk Riset Nasional tahun 2017-2045 yakni “Indonesia 2045 Berdaya Saing dan Berdaulat Berbasis IPTEK” [4]. Peluncuran program ini menunjukkan bahwa pengembangan baterai telah menjadi fokus dari pemerintah sebagai respon terhadap perkembangan kendaraan elektronik dan mobil elektrik global yang sangat cepat. Perkembangan ini merupakan faktor penggerak utama pengembangan baterai *lithium-ion* dengan performa tinggi.

Pada baterai *lithium-ion*, komponen kunci yang menentukan kapasitas, performa kecepatan, dan stabilitas siklus terletak pada komponen elektrodanya dan bagian anoda memainkan peranan yang lebih mendesak untuk dikembangkan. Baterai *lithium-ion* telah diketahui memiliki voltase kerja yang lebih tinggi dibandingkan jenis baterai sekunder yang lain seperti baterai timbal asam, Ni-Cd, maupun Ni-MH” bahkan tidak memiliki “*memory effect*” (penurunan jumlah energi yang tersimpan setelah berkali-kali di *recharge*) [5]. Bahan baku anoda baterai *lithium-ion* antara lain grafit, karbon aktif, karbon hitam (*carbon black*), zat aditif konduktif, LTO (*Lithium titanate*), dan silikon yang telah diaktivasi permukaannya. Ada persyaratan yang harus dipenuhi oleh bahan-bahan tersebut di dalam pembuatan anoda baterai *lithium-ion* antara lain memiliki porositas dan konduktivitas listrik yang baik, memiliki ketahanan yang baik, bobotnya ringan, dan murah [6].

Grafit, salah satu bahan baku anoda baterai, merupakan karbon dengan struktur berupa kristal yang terbentuk secara alami. Sifat-sifat grafit antara lain lunak, mudah dibelah dengan tekanan ringan, gravitasi jenisnya (*specific gravity*) sangat rendah tetapi memiliki hambatan terhadap panas yang sangat tinggi dan bersifat inert terhadap hampir semua jenis material. Secara fisis, grafit berwarna abu-abu metalik menuju hitam dengan garis-garis hitam, memiliki kilau sub metalik atau metalik, memiliki tingkat kekerasan dalam skala Mohs 1-2, gravitasi jenisnya 1,2 – 2,3 serta struktur kristalnya berbentuk heksagonal [7]. Grafit dapat dibuat secara sintesis dengan cara memanaskan bahan yang mengandung karbon dengan kadar tinggi seperti kokas minyak bumi atau resin tar batubara pada temperatur 2500 – 3000 °C. Semua kandungan volatile dan sebagian besar logam yang terdapat dalam bahan baku dihancurkan atau dihilangkan pada temperatur ini sehingga unsur karbon yang tertinggal akan berikatan dan ikatannya membentuk kerangka kristal. Grafit yang dibuat secara sintesis dapat memiliki tingkat kemurnian hingga 99% karbon.

Grafit merupakan struktur ikatan kovalen raksasa yang tersusun dari banyak sekali atom, dan karena banyaknya ikatan kovalen yang terkandung di dalamnya maka struktur grafit sangat kuat. Pada setiap ikatan kovalen atom C berikatan dengan 3 atom C yang lain dan 1 elektron bebas (Atom karbon memiliki 4 elektron valensi). Elektron bebas yang dapat bergeser ini menyebabkan grafit memiliki sifat yang lebih lunak dibandingkan berlian serta kemampuan menghantarkan listrik yang dihasilkan jika elektron bebas terdelokalisasi di antara lapisan karbon. Kemampuan menghantarkan listrik atau sifat konduktivitas ini menjadikan grafit sangat baik sebagai elektroda [8].

Pemilihan bahan elektroda sangat menentukan performa baterai *lithium-ion*, di samping jenis elektrolit maupun interaksi internal dalam baterai. Penelitian bahan elektroda baterai pada saat ini menunjukkan prospek pengembangan anoda yang lebih besar dibandingkan katoda. Material anoda yang orisinal dari baterai *lithium-ion* adalah logam lithium yang merupakan unsur logam teringan dalam tabel periodik, namun ketika baterai diisi atau digunakan akan terbentuk *lithium dendrite* yang

Tabel 1. Perkembangan baterai sekunder [5]

No	Jenis baterai	Kelebihan	Kekurangan
1.	Asam timbal	- Biaya murah - Stabilitas tinggi	- Kepadatan energi yang tersimpan rendah - Menghasilkan polusi timbal
2.	Ni-Cd	Performa <i>discharge</i> arus listrik besarnya yang cukup baik	- Memiliki " <i>Memory effect</i> " yang sangat serius sehingga umurnya sangat pendek - Kadmium bersifat toksik sehingga tidak ramah lingkungan
3.	Ni-MH	Performa pada suhu rendah nya sangat baik	Memerlukan katalis dari logam yang mahal sehingga biaya produksi tinggi
4.	<i>Lithium ion</i>	- Menghasilkan voltase kerja yang lebih tinggi dibanding baterai sekunder lainnya - Tidak memiliki " <i>memory effect</i> "	-

menimbulkan bahaya serta menyebabkan konsumsi yang besar dari logam lithium.

Anoda baterai *lithium-ion* saat ini sebagian besar menggunakan grafit yang memiliki kapasitas jenis yang rendah dan belum dapat memenuhi kebutuhan pasar akan baterai *lithium-ion* dengan performa tinggi sehingga masih diperlukan banyak kajian dalam pemilihan bahan baku anoda yang tepat. Pemilihan elektroda didasarkan oleh nilai potensial elektrokimia anoda maupun katoda serta posisi pada perbedaan (*gap*) energi HOMO-LUMO. Sel baterai yang stabil harus memiliki potensial elektrokimia anoda yang lebih rendah dari pada LUMO (*lowest unoccupied molecular orbital*) elektrolitnya sehingga elektrolitnya tidak tereduksi demikian pula potensial elektrokimia katoda harus lebih tinggi dari HOMO (*highest occupied molecular orbital*) elektrolit untuk mencegah oksidasi elektrolit. Kepadatan penyimpanan energi yang tinggi dapat dicapai dengan memaksimalkan beda potensial elektrokimia antara anoda dan katoda disamping kemampuan penambahan lithium yang tinggi dengan tetap menjaga kestabilan elektrolit [9]. Menurut Cheng et al., bahan baku pembuatan anoda dapat dibagi dalam 3 kelompok berdasarkan mekanismenya dalam menyimpan ion lithium yaitu karbon dan TiO untuk mekanisme reaksi insersi, paduan bahan termasuk Si, Ge, Sn untuk reaksi paduan, dan logam transisi oksida atau sulfida untuk reaksi konversi [5].

Anoda dari karbon yang membuat baterai *lithium-ion* layak dikomersialkan lebih dari 20 tahun yang lalu dan sampai saat ini masih merupakan bahan baku anoda pilihan karena memiliki kestabilan mekanis, konduktivitas listrik, dan transport Li yang baik, di samping harganya yang murah, tersedia melimpah, delitiasi yang rendah terhadap Li, difusivitas Li yang tinggi serta perubahan volume relatif selama litiasi atau delitiasi yang rendah [10]. Bahan baku anoda yang berbasis karbon juga mudah dalam penyiapannya dan memiliki berbagai macam bentuk. Sebagai bahan yang tergolong dalam kelompok bahan baku anoda dengan mekanisme penyisipan (*insersi*) atau ekstraksi ion lithium, karbon merupakan bahan yang paling praktis untuk pembuatan anoda pada saat ini [5]. Karbon dari biomassa merupakan alternatif yang menjanjikan

karena lebih ramah lingkungan [11], tetapi bahan anoda dari karbon memiliki kapasitas kepadatan listrik yang rendah, dan sebagai solusinya diperlukan pengembangan bahan paduan untuk anoda dari karbon untuk meningkatkan efisiensi Coulombic, kemampuan energi yang baik, kapasitas *irreversible* rendah, harga yang murah tanpa menurunkan kapasitas jenis atau voltase selnya [12].

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi karbon dari tempurung nipah sebagai bahan baku anoda baterai *lithium-ion* dengan kajian kelayakan yang masih bersifat awal atau pendahuluan dengan parameter kajian meliputi kadar air, kadar abu, serta kemampuan adsorpsi meliputi kemampuan penjerapan iodin dan *methylene blue*.

2. Metode

Tempurung nipah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari buah nipah utuh yang telah dipisahkan dari serabut dan bijinya. Buah nipah diperoleh dari petani local Cilacap, daerah Nusawungu. Tempurung nipah dikeringkan terlebih dahulu dengan oven pada suhu 105 °C sampai massanya konstan sebelum dikarbonisasi. Proses karbonisasi dilakukan dengan pemanasan dengan adanya oksigen menggunakan oven merk Memmert, Jerman pada suhu hasil optimasi yakni 210 °C dengan waktu bervariasi dari 3 hingga 8 jam dengan interval variasi waktu adalah 1 jam. Arang tempurung nipah yang dihasilkan kemudian ditumbuk dan disaring dengan *sieve* ukuran 100 mesh. Arang hasil ayakan diproses lanjut yakni proses aktivasi dengan menggunakan asam kuat HCl konsentrasi 2 M [13]. Takaran volume asam yang digunakan terhadap massa arang adalah 5 ml/gram arang. Serbuk arang ditambahkan ke dalam larutan asam dan diaduk dengan *stirrer* pada kecepatan 200 rpm selama 5 menit kemudian dilanjutkan proses perendaman selama ± 18 jam. Arang kemudian disaring dengan kertas saring Whatman no. 42 dan dicuci dengan akuabides sampai pH filtrat hasil pencucian sama dengan pH pencuci. Arang ini selanjutnya dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 2 jam sebelum dilakukan analisis [14]. Sebanyak 1 – 1,5 gram arang ditimbang dengan menggunakan cawan krus dan dipanaskan dengan oven pada suhu 110 °C sampai

massanya konstan untuk menentukan kadar airnya. Kadar air ditentukan dengan membagi hasil selisih massa arang sebelum dan setelah pemanasan dengan massa arang sebelum pemanasan dikalikan 100%, arang hasil pemanasan ini selanjutnya dipanaskan pada suhu 550 °C dalam *furnace* selama 3-4 jam untuk menentukan kadar abunya. Kadar abu dapat ditentukan dengan membagi massa abu hasil pemanasan pada suhu 550 °C dengan massa arang paling awal sebelum pemanasan 110 °C.

Kemampuan penjerapan ditentukan dengan 2 metode analisis yaitu analisis daya serap iodin dan analisis daya serap *methylene blue*. Penentuan daya serap iodin dilakukan dengan merendam arang dalam larutan iodin 0,1 N dengan takaran larutan iodin terhadap massa arang adalah 50 ml/gram arang aktif yang diaduk menggunakan *stirrer* pada kecepatan 250 rpm selama 5 menit setelah itu didiamkan selama \pm 18 jam. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 42 dan filtrat hasil penyaringan ditambahkan dengan indikator amilum 1% sebanyak 2 tetes sebelum dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1 N. Kemampuan penjerapan iodin ditentukan dengan persamaan (1).

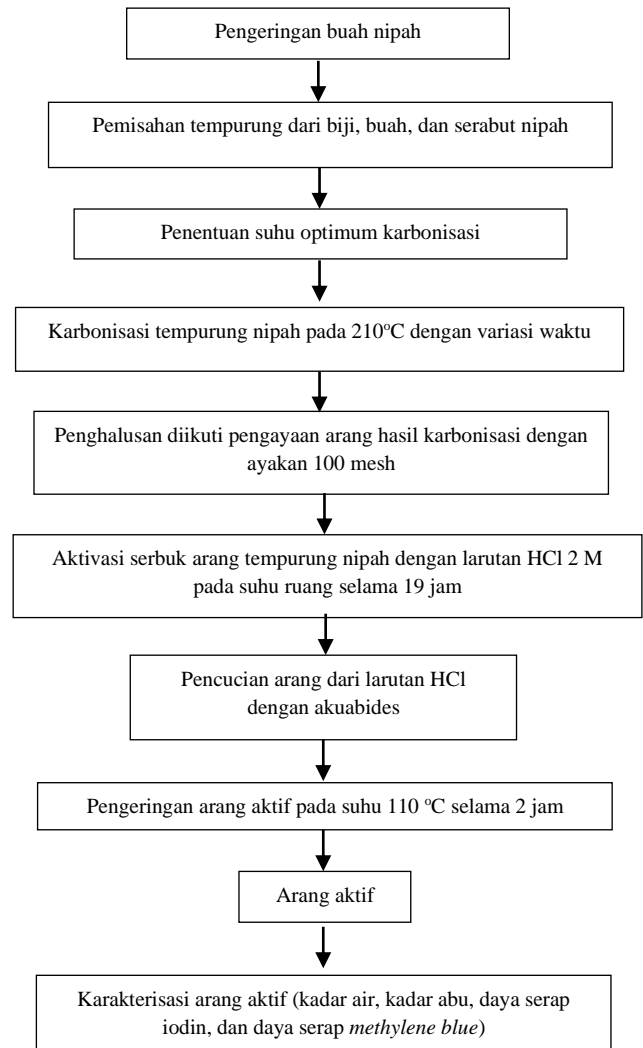
$$Q = \frac{A - (f_p \times B \times V)}{w} \quad (1)$$

Dimana Q adalah daya serap iodin (mg/g), A adalah normalitas larutan natrium tiosulfat x 12693, B adalah normalitas larutan iodin x 126,93, f_p adalah faktor pengenceran, V adalah volume titer pada titik akhir titrasi (ml), dan w adalah massa arang aktif (g).

Penentuan kemampuan penjerapan *methylene blue* yang dinyatakan sebagai Efisiensi Adsorpsi (EA) dilakukan dengan mencampurkan arang dengan larutan *methylene blue* 100 ppm dengan takaran volume *methylene blue* terhadap massa arang adalah 50 ml/gram. Pengadukan dilakukan selama 5 menit menggunakan *stirrer* pada kecepatan 250 ppm dan didiamkan selama \pm 18 jam. Campuran kemudian disaring dan konsentrasi *methylene blue* dalam filtrat diukur dengan alat Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 665 nm sebagai konsentrasi akhir *methylene blue* [15]. Persentase EA dihitung dengan persamaan (2).

$$EA = \frac{(Ca - Cb)}{Ca} \quad (2)$$

dimana Ca dan Cb berturut-turut adalah adalah konsentrasi *methylene blue* sebelum dan setelah adsorpsi (ppm).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil karakterisasi arang aktif dari tempurung nipah yang meliputi uji kadar air dan abu serta kemampuan penjerapan iodin dan *methylene blue* dengan variasi waktu karbonisasi disajikan dengan tabel 2.

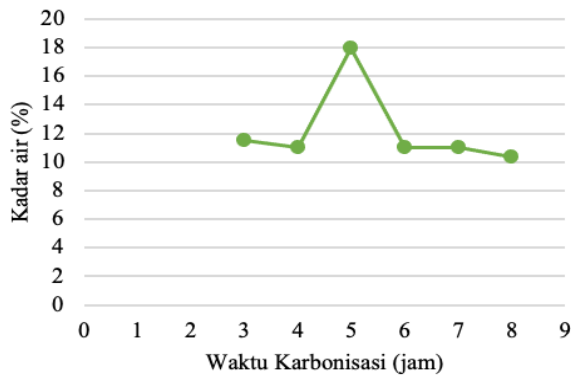
Tabel 2. Karakteristik Arang Aktif Hasil Ekperimen

Sam pel	Waktu karbonisasi (jam)	Kadar air (%)	Kadar abu (%)	Daya serap iodin (mg/g)	Efisiensi adsorpsi <i>methylene blue</i> (%)
1	3	11,50	1,50	2514,4833	92,2293
2	4	11,00	1,50	2517,0219	94,8493
3	5	18,00	2,50	2522,7338	99,0887
4	6	11,00	2,00	2515,7526	98,2453
5	7	11,00	1,25	2515,7526	99,5005
6	8	10,33	0,75	2515,7526	98,2110
Rata-rata		12,50	1,75	2516,9161	97,0207

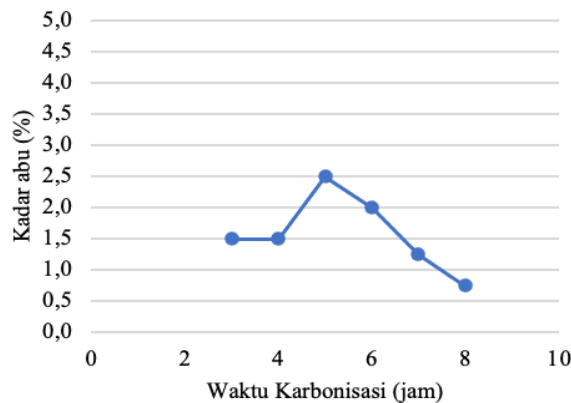
Standar nilai untuk arang aktif diambil dari SNI 06-3730-1995 yang ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik Arang Aktif Menurut SNI 06-3730-1995

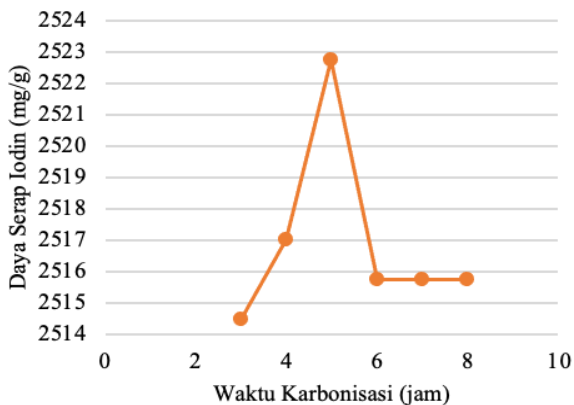
Karakteristik	Nilai
Kadar air %	Maks. 15
Kadar abu %	Maks. 10
Penyerapan iod (mg/g)	Min. 750
Kadar zat volatile (%)	Maks. 25
Kadar karbon (%)	Min. 65



Gambar 2. Grafik hubungan pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar air arang aktif



Gambar 3. Grafik hubungan pengaruh waktu karbonisasi terhadap kadar abu arang aktif



Gambar 4. Grafik hubungan pengaruh waktu karbonisasi terhadap daya serap terhadap iodin

3.1 Kadar Air

Kadar air mempengaruhi proses interaksi internal di dalam arang aktif. Air melarutkan karbon dan meningkatkan berat molekul [16]. Molekul air dalam arang aktif dapat menghambat proses penjerapan (adsorpsi) [17], sehingga kadar air yang tinggi merupakan suatu kerugian. Menurut Zhou et al. [17], waktu pengeringan minimum agar residu kelembapan $< 2\%$ adalah 6 jam. Arang aktif dengan kadar air yang rendah merupakan bahan yang baik [18].

Dari Gambar 2 terlihat bahwa kadar air terendah dimiliki oleh arang aktif hasil karbonisasi selama 8 jam. Ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan semakin banyak molekul air yang dapat diuapkan. Kadar air rata-rata 10-11% kecuali untuk sampel karbonisasi 5 jam mencapai 18 persen. Hal ini disebabkan karena proses pengeringan yang dilakukan belum sempurna (< 6 jam) sehingga molekul air belum teruapkan secara maksimal.

3.2 Kadar Abu

Kadar abu menyatakan kandungan zat anorganik (kandungan selain karbon). Semakin rendah kadar abu maka kadar zat anorganik semakin tinggi dan *fixed carbon* rendah [16]. Kandungan abu dalam suatu bahan mempengaruhi titik nyala dan menurunkan keaktifan total serta efisiensi reaktivasi [18]. Dari Gambar 3 terlihat bahwa kadar abu terendah dimiliki oleh arang aktif hasil karbonisasi selama 8 jam. Ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan semakin banyak zat-zat yang tidak diinginkan hilang atau hancur sehingga menurunkan rasio abu dan meningkatkan rasio *fixed carbon* dalam bahan.

Apabila rasio *fixed carbon* tinggi maka kemurnian arang juga tinggi yang menunjukkan mutu arang yang baik. Bahan baku arang yakni tempurung buah nipah merupakan biomassa yang mengandung selulosa dan lignin [19]. Semakin tinggi kandungan lignin maka semakin banyak kandungan karbon yang dapat dibentuk sedangkan kadar selulosa tinggi dapat menghasilkan pembakaran yang cenderung konstan serta merata sehingga dapat menghasilkan karbon dengan kualitas yang baik dengan kadar abu rendah [20]. Kadar abu arang aktif hasil karbonisasi pada semua variasi waktu karbonisasi jauh di bawah Standar Arang Aktif SNI (06-3730-1995) yang mensyaratkan maksimal 10% yakni kurang dari 2,5 % yang mana menunjukkan bahwa kadar lignin dan selulosa dalam tempurung nipah tinggi.

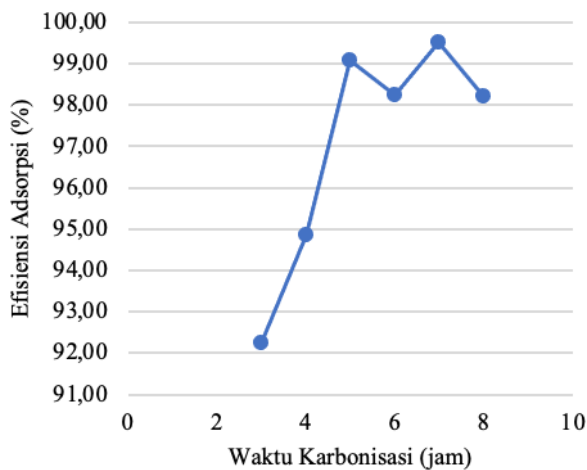
3.3 Daya Serap/Bilangan Iodin

Daya serap iodin atau bilangan iodin menyatakan ukuran banyaknya mikropori dalam suatu arang atau karbon aktif [16] serta menunjukkan kemampuan adsorpsi karbon aktif [21]. Semakin tinggi bilangan iodin semakin banyak pori mikro atau ruang dalam arang aktif untuk menyerap zat adsorbat. Pada Gambar 4 menunjukkan arang aktif hasil karbonisasi selama 5 jam memiliki bilangan iodin tertinggi sebesar 2523 mg/g dengan rata-rata bilangan iodin diatas 2500 mg/g. Dapat disimpulkan bahwa kemampuan adsorpsi arang aktif tempurung nipah pada seluruh variasi waktu karbonisasi berada di atas standar SNI (06-3730-1995) yang mensyaratkan batas minimum 750 mg/g. Sebagai

perbandingan bilangan iodine yang dipersyaratkan oleh Asosiasi Pengelolaan Perairan Amerika untuk karbon aktif sebagai adsorben untuk zat dengan bobot molekular ringan hanya 500 mg/g [22] dan untuk bahan komposit karbon aktif semi kokas dengan doping grafen oksida hanya memiliki daya serap iodine sebesar 1223,99 mg/g [21].

3.4 Daya Serap/Bilangan *Methylene Blue*

Daya serap *methylene blue* atau bilangan *methylene blue* (MB) merupakan indikator kapasitas adsorpsi dari suatu karbon aktif yang terkait dengan kapasitas mesopori dan makropori karbon aktif [23]. Bilangan MB didefinisikan sebagai jumlah maksimum pewarna MB yang terserap dalam 1 gram adsorben. Kombinasi bilangan iodine dan bilangan MB dapat digunakan untuk memperkirakan luas permukaan, volume mikropori, dan volume total pori dalam karbon aktif dengan biaya murah dan tanpa peralatan modern menggunakan regresi *multiple* [24].



Gambar 5. Grafik hubungan pengaruh waktu karbonisasi terhadap daya serap terhadap *methylene blue*

Pada Gambar 5 menunjukkan daya serap atau bilangan MB yang dinyatakan sebagai efisiensi adsorpsi tertinggi adalah sebesar 99% pada sampel arang aktif hasil karbonisasi selama 7 jam dengan efisiensi adsorpsi rata-rata mencapai 97% akan tetapi nilai efisiensi rata-rata yang cukup tinggi ini belum dapat menyatakan kapasitas adsorpsi arang tempurung nipah terhadap *methylene blue* karena belum menyertakan analisis isotherm adsorpsi.

4. Kesimpulan

Hasil karakterisasi arang aktif tempurung nipah yang meliputi 12,5 % kadar air, 1,75% kadar abu, bilangan iodine 2515,9161 mg/g telah memenuhi nilai SNI yang dapat dilihat pada Tabel 3. Hal ini dapat menjadi acuan awal bahwa arang aktif dari tempurung nipah sangat baik dan potensial untuk dikembangkan sebagai adsorben, *soil enhancer*, termasuk anoda baterai *lithium-ion*. Hasil penelitian ini walaupun menunjukkan hasil karakterisasi arang aktif yang memenuhi standar SNI namun belum dapat dispesifikasikan faktor penentu kemampuan sebagai anoda baterai sehingga perlu karakterisasi lebih spesifik seperti penentuan volume dan luas permukaan pori dengan

uji BET serta morfologi permukaan arang aktif dengan uji *Scanning Electron Microscope* serta karakterisasi mengenai struktur kristal, massa jenis, kekerasan, dan konduktivitas listrik yang merupakan parameter penentu kelayakan suatu material sebagai bahan anoda baterai. Diperlukan penelitian lanjutan untuk memperoleh data-data tersebut.

Ucapan Terimakasih

Pada bagian ini diisi ucapan terimakasih institusi Politeknik Negeri Cilacap, P3M Politeknik Negeri Cilacap, serta Prodi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap yang telah memberikan dukungan penuh baik secara dana, sarana, dan prasarana sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan.

Daftar Pustaka

- [1] E. Subiandono, N. M. Heriyanto, and E. Karlina, "Potensi Nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb.) sebagai Sumber Pangan dari Hutan Mangrove," *Bul. Plasma Nutrafah*, vol. 17, no. 1, pp. 54–60, 2011, doi: <http://dx.doi.org/10.21082/blpn.v17n1.2011.p54-60>.
- [2] Anonim, "NIPAH (*Nypa fruticans*)," 2018. <http://hmsbio.blogspot.com/2018/11/nipah-nypa-fruticans.html>.
- [3] "Nypa fruticans." <https://www.cabi.org/isc/datasheet/36772> (accessed Nov. 19, 2021).
- [4] A. (STEI I. Purwadi, "Peran Perguruan Tinggi Pada Program Percepatan Pemanfaatan KBLBB," 2021.
- [5] H. Cheng, J. G. Shapter, Y. Li, and G. Gao, "Recent progress of advanced anode materials of lithium-ion batteries," *J. Energy Chem.*, vol. 57, pp. 451–468, 2021, doi: 10.1016/j.jechem.2020.08.056.
- [6] "Graphite." <https://www.mindat.org/min-1740.html> (accessed Nov. 18, 2021).
- [7] "Graphite." <https://geology.com/minerals/graphite.shtml> (accessed Nov. 13, 2021).
- [8] Anonim, "Giant covalent structures-Structures and properties," 2021. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zxxn82p/revision/4> (accessed Nov. 19, 2021).
- [9] Poulomi Roy and Suneel Kumar Srivastava, "Nanostructured Anode Materials for Lithium Ion Batteries," *J. Mater. Chem. A*, pp. 1–27, 2014, doi: 10.1039/C4TA04980B.
- [10] N. Nitta, F. Wu, J. T. Lee, and G. Yushin, "Li-ion battery materials: Present and future," *Materials Today*. 2015, doi: 10.1016/j.mattod.2014.10.040.
- [11] D. M. * Niloofar Soltani, Amin Bahrami, Lars Giebeler *, Thomas Gemming, "Progress and challenges in using sustainable carbon anodes in rechargeable metal-ion batteries," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 87, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2021.100929>.
- [12] G. E. Blomgren, "The Development and Future of Lithium Ion Batteries," *J. Electrochem. Soc.*, 2017, doi: 10.1149/2.0251701jes.
- [13] L. M. Yuningsih and Y. M. Fauziyah, "Sintesis Komposit Polianilin-Karbon Aktif dari Tongkol Jagung sebagai Elektrolit Padat Pada Baterai," *J. Kim. Val.*, vol. 4, no. 2, pp. 119–123, 2018, doi: 10.15408/jkv.v4i2.7390.
- [14] I. D. Mumpuni, M. Maslahat, and D. Susanty, "Activation of oil palm empty bunches with hydrochloride acid & phosphoric acid and characterization based SNI No. 06-3730-1995," *J. Sains Nat.*, vol. 11, no. 1, p. 16, 2021, doi: 10.31938/jsn.v11i1.291.

- [15] ASTM, "Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon 1," *ASTM Int.*, vol. 94, no. Reapproved, pp. 1–5, 2006, [Online]. Available: <http://compass.astm.org/acces.bibl.ulaval.ca/download/D4607.6656.pdf>.
- [16] A. P. Dr. Kosha Shah, "Physico-chemical characteristics of Activated Carbon prepared from coconut shell," *Int. J. Latest Eng. Res. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 27–31, 2018, [Online]. Available: <http://www.ijlera.com/papers/v3-i1/4.201801005.pdf>.
- [17] Y. Z. Li Zhou, Ming Li, Yan Sun, "Effect of moisture in microporous activated carbon on the adsorption of methane," *Carbon N. Y.*, vol. 39, pp. 771–785, 2001, doi: 10.1016/S0008-6223(01)00025-2.
- [18] and V. O. O. A. Ekpete, A. C. Marcus, "Preparation and Characterization of Activated Carbon Obtained from Plantain (*Musa paradisiaca*) Fruit Stem," *J. Chem.*, 2017, doi: <https://doi.org/10.1155/2017/8635615>.
- [19] N. Soltani, A. Bahrami, L. Giebeler, T. Gemming, and D. Mikhailova, "Progress and challenges in using sustainable carbon anodes in rechargeable metal-ion batteries," *Prog. Energy Combust. Sci.*, vol. 87, p. 100929, 2021, doi: 10.1016/j.peccs.2021.100929.
- [20] P. Tamunaidu and S. Saka, "Chemical characterization of various parts of nipa palm (*Nypa fruticans*)," *Ind. Crops Prod.*, 2011, doi: 10.1016/j.indcrop.2011.04.020.
- [21] Z. M. and Z. C. Zhiyuan Yang^{1, 2*}, HaiLong Ning¹, Hong Jia¹, Yinyan Li¹, "Preparation of porous composite materials with semi-coke based activated carbon doped with graphene oxide," in *2019 International Conference on Applied Chemistry and Industrial Catalysis*, 2020, p. 729, doi: 10.1088/1757-899X/729/1/012084.
- [22] M. C. S. B. and L. P. A. E. F. Jaguaribe, L. L. Medeiros, "THE PERFORMANCE OF ACTIVATED CARBONS FROM SUGARCANE BAGASSE, BABASSU, AND COCONUT SHELLS IN REMOVING RESIDUAL CHLORINE," *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 22, no. 1, pp. 41–47, 2005, doi: 10.1590/S0104-66322005000100005.
- [23] R. B. F. Raposo, M.A. De La Rubia, "Methylene blue number as useful indicator to evaluate the adsorptive capacity of granular activated carbon in batch mode: Influence of adsorbate/adsorbent mass ratio and particle size," *J. Hazard. Mater.*, vol. 165, pp. 291–299, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.106.
- [24] C. A. N. e M. C. Guerreiro, "ESTIMATION OF SURFACE AREA AND PORE VOLUME OF ACTIVATED CARBONS BY METHYLENE BLUE AND IODINE NUMBERS," *Quim. Nova*, vol. 34, no. 3, pp. 472–476, 2011, doi: 10.1590/S0100-40422011000300020.