

Analisis Proksimat dan Bilangan Yodium Sebagai Kajian Awal Arang Tempurung Nipah Sebagai Bahan *Intermediate* Karbon Keras

Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu¹, Mohammad Nurhilal², Rosita Dwityaningsih³

^{1,3}Program Studi D4 Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

²Program Studi D3 Teknik Mesin Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, Indonesia

Email: theresiaevila@pnc.ac.id¹, mohammadnurhilal76@pnc.ac.id², rosita.dwityaningsih@pnc.ac.id³

Received 20 September 2022 | Revised 27 September 2022 | Accepted 5 Oktober 2022

ABSTRAK

Karbon keras sebagai anoda baterai ion natrium memiliki kapasitas penyimpanan ion natrium yang paling tinggi diantara karbon lunak dan grafit karena struktur ikatan karbonnya paling acak sehingga akan menyediakan ruang lebih luas untuk insersi ion natrium. Material karbon keras dapat diperoleh dari biomassa yang murah dan melimpah ketersediaannya. Penelitian ini bertujuan sebagai studi pendahuluan untuk mengetahui potensi nipah sebagai bahan bahan *intermediate* karbon keras melalui analisis proksimat dan penentuan bilangan yodium. Tempurung nipah diarangkan pada suhu 300 °C selama 1 jam tanpa aktivasi kimia. Arang yang diperoleh dikarakterisasi kadar air, volatile matter, abu, dan fixed carbon sesuai metode ASTM D1762-84 dengan sedikit modifikasi serta penentuan bilangan yodium sesuai metode dalam SNI 06-3730-1995. Kandungan air dan zat anorganik yang cukup rendah ditunjukkan dengan kadar air dan kadar abu masing-masing 5,00% dan 9,97 %, kadar volatile matter dan fixed carbon sebesar 42,93% dan 42,11%, sedangkan bilangan yodium yang dimiliki sebesar 346,86 mg/g.

Kata kunci: arang, nipah, analisis proksimat, bilangan yodium

ABSTRACT

Hard carbon as an anode of a sodium ion battery has the highest sodium ion storage capacity compared to soft carbon and graphite because it has the most random carbon bond structure providing large enough space for sodium ion insertion. Hard carbon materials can be obtained from biomass which is cheap and abundant in availability. This study aims as a preliminary study to determine the potential of nypa shell charcoal as an *intermediate* material for hard carbon through proximate analysis and determination of iodine numbers. Nypa shells carbonized at a temperature of 300 °C for 1 hour without chemical activation. The charcoal obtained is characterized by moisture, volatile matter, ash, and fixed carbon content according to the ASTM D1762-84 method with a slight modification while iodine number is determined according to the method in SNI 06-3730-1995. Low water content and inorganic substance content indicated by moisture and ash content of 5.00% and 9.97% respectively, volatile matter and fixed carbon are 42.93% and 42.11% while iodine number is 346.86 mg/g.

Keywords: charcoal, nypa, proximate analysis, iodine number

1. PENDAHULUAN

Baterai sekunder atau isi ulang yang telah diaplikasikan dalam kehidupan sehari-hari saat ini yaitu baterai asam timbal (*lead-acid*), baterai nikel kadmium (NiCd), baterai nikel logam hidrida (NiMH), baterai ion litium, baterai polimer litium atau litium-logam, litium-besi fosfat, dan baterai seng-udara [1]. Kajian dan pengembangan mengenai baterai isi ulang semakin penting dan diperlukan dalam memasuki era industri 4.0, dimana pada era ini kegiatan manusia dituntut semakin produktif, efisien, dan fleksibel [2]. Era industri 4.0 ditandai dengan adanya kemampuan produksi massal dan cepat untuk memenuhi kebutuhan manusia sehingga memerlukan dukungan teknologi informasi dan kecerdasan buatan [3]. Adanya produksi massal tentu berdampak pada aspek keberlanjutan dari industri [2] sehingga jika dilihat dari bidang energi, penggunaan sumber energi fosil tidak dapat mendukung prinsip keberlanjutan ini karena sifatnya yang tak terbarukan atau tidak memiliki kemampuan untuk tersedia dengan cepat sehingga akhirnya akan menguras sumber daya alam tersebut dan menciptakan krisis energi. Salah satu langkah untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan seperti tenaga bayu, gelombang laut, dan tenaga surya tetapi permasalahan mengenai ketersediaan, kinerja, dan sistem penyimpanan energi masih menjadi penghambat dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan dalam skala yang lebih besar dan luas [4].

Baterai isi ulang merupakan merupakan teknologi penyimpan energi yang mempunyai prospek yang besar untuk mengatasi hambatan dalam pemanfaatan sumber energi terbarukan serta menjawab tuntutan era industri 4.0 karena teknologi baterai isi ulang memungkinkan pasokan energi yang terputus-putus dari sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, tenaga bayu, dan tenaga gelombang laut menjadi suplai energi yang stabil atau konsisten serta dalam jangka waktu yang lama [4].

Pengembangan baterai litium menarik untuk diteliti karena memiliki energi spesifik (energi per berat dan energi per volume) dan kepadatan energi yang tinggi [5], namun ketersediaan bahan baku logam litium yang terbatas dengan distribusi yang tidak merata menimbulkan kekhawatiran harga menjadi mahal jika permintaan semakin meningkat di masa mendatang, inilah yang menjadi kendala dari pengembangan baterai ini [4], [5]. Thompson et al.[4] mengusulkan alternatif untuk mengatasi kendala tersebut dengan mengganti insersi ion litium dengan ion natrium karena ketersediaannya yang lebih banyak serta distribusinya yang lebih luas sehingga harganya juga murah. Thompson et al. [4] juga menyebutkan bahwa anoda untuk baterai ion natrium yang paling sesuai adalah yang berasal dari material karbon yang sumber bahan bakunya murah dan mudah didapat karena diperoleh dari biomassa yang melimpah ketersediaannya. Material karbon untuk insersi ion natrium ada 3 jenis yaitu karbon keras, karbon lunak, dan grafit. Karbon keras memiliki kapasitas penyimpanan ion natrium yang paling tinggi diantara karbon lunak dan grafit karena struktur ikatan karbonnya paling acak sehingga memiliki celah atau pori yang paling besar dibandingkan grafit maupun karbon lunak. Karbon keras dapat dibuat dari bahan yang bersifat *thermosetting* dan biomassa termasuk dalam kategori bahan ini [4]. Selama ini karbon berpori dengan pori-pori berukuran skala nano (mikropori, mesopori, dan makropori) telah diketahui merupakan alternatif bahan anoda dari baterai ion litium. Karbon berpori merupakan karbon 3D yang memiliki sifat elektrokimia yang sangat baik, hal ini disebabkan karena luas permukaannya yang sangat besar. Luas permukaan yang besar akan bisa menyerap ion litium lebih banyak tiap volumenya sehingga akan meningkatkan kapasitas spesifik baterai [6], selain itu struktur jaringan ikatan karbon dalam karbon berpori akan menghasilkan sifat konduktivitas yang tinggi pada saat proses pemuatan (*charge*) maupun pemakaian listrik (*discharge*) [7], stabilitas yang baik, dan mencegah terjadinya hilangnya kapasitas yang bersifat ireversibel [6]. Karbon keras dapat dikatakan memiliki luas permukaan pori yang lebih besar dibanding karbon aktif (berpori) konvensional.

Biomassa yang merupakan sumber daya alam terbarukan menjanjikan sebagai sumber energi baru terbarukan yang *sustainable*. Tanaman nipah (*Nypa fruticans* (Thunb.) Wurmb.) merupakan tanaman yang masih satu keluarga dengan kelapa dan adalah tanaman golongan palem yang juga merupakan tanaman *mangrove* [8]. Lokasi tempat tumbuhnya meliputi sepanjang pantai selatan Indonesia serta banyak ditemukan juga di area pesisir pantai Cilacap. Selama ini nipah dimanfaatkan untuk industri makanan minuman, obat-obatan, bahan kerajinan, dan material bangunan. Organisasi Pangan Dunia seperti yang dikutip dari tulisan Tamunaidu dan Saka [9], pada tahun 1998 menyatakan tanaman nipah sebagai tanaman yang belum dimanfaatkan dan tidak mengancam ekosistem. Pelepah dan tempurung nipah memiliki selulosa dan hemiselulosa tertinggi dibandingkan bagian-bagian nipah lainnya seperti serabut ataupun daun. Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin dari tanaman nipah jika dibandingkan dengan kelapa (*Cocos nucifera*) dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi selulosa, hemiselulosa, dan lignin tanaman nipah dan kelapa

Tanaman	Bagian	Selulosa (%)*	Hemiselulosa (%)*	Lignin (%)*
1	2	3	4	5
Nipah (<i>Nypa fruticans</i>) [9]	Pelepah	35,1	26,4	19,7
	Tempurung	45,6	23,5	19,4
	Serabut	36,5	21,8	28,8
	Daun	28,9	23,6	33,8
Kelapa (<i>Cocos nucifera</i>)	Tempurung [10]	24,2	38,56	29,35
	Serabut	32,18	27,81	25,02
	Tempurung [11]	29,58	27,77	31,04

*) % berat dari sampel kering original

Tempurung nipah dengan tempurung kelapa berbeda dalam persentase komponen selulosa, hemiselulosa, dan lignin (dapat dilihat dalam Tabel 1). Tempurung nipah memiliki kandungan terbesar berupa selulosa sedangkan pada tempurung kelapa kandungan terbesarnya adalah hemiselulosa [10] atau lignin [11]. Penelitian ini bertujuan sebagai studi pendahuluan untuk mengetahui potensi nipah sebagai bahan *intermediate* karbon keras melalui karakterisasi secara proksimat dan penentuan bilangan yodium. Bahan *intermediate* dalam penelitian ini memiliki pengertian yakni bahan antara atau setengah jadi yang masih memerlukan proses lanjut untuk menghasilkan produk akhir berupa karbon keras.

2. METODOLOGI

2.1 Material dan Peralatan

Bahan baku tempurung nipah diperoleh dari daerah muara sungai sekitar Adipala Cilacap yang merupakan daerah pesisir yang banyak ditumbuhi tanaman nipah. Karbon aktif komersial diperoleh dari PT Home System Indonesia Surabaya, larutan yodium (I_2) 0,1 N dari toko Muda Berkah Yogyakarta, kristal natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) dan indikator amilum dari CV Nurul Jaya Medicallabsains Cilacap, serta akuabides diperoleh dari apotik Cilacap Farma.

2.2 Metode Pembuatan Arang Tempurung Nipah (bahan *intermediate* karbon keras)

Arang tempurung nipah dibuat dengan proses karbonisasi dengan oksigen terbatas pada suhu rendah (pengarangan suhu rendah atau pembakaran tahap I dari pembuatan karbon keras) yakni 300 °C selama 1 jam menggunakan alat karbonisasi yang dibuat secara *custom* oleh peneliti seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Rangkaian alat karbonisasi *custom* ini sederhana karena hanya terdiri dari 2 bagian utama

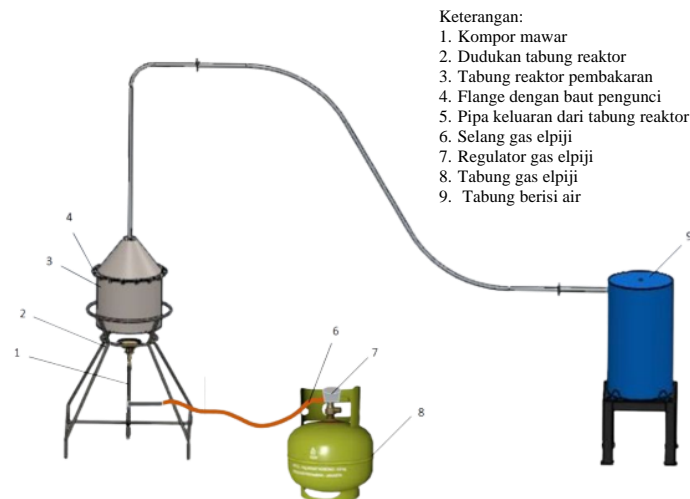
Analisis Proksimat Dan Bilangan Yodium Sebagai Kajian Awal Arang Tempurung Nipah Sebagai Bahan Intermediate Karbon Keras

yakni reaktor pembakaran dan unit kondensor. Arang yang dikarbonisasi sebelumnya telah dikeringkan dahulu menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 6 jam.

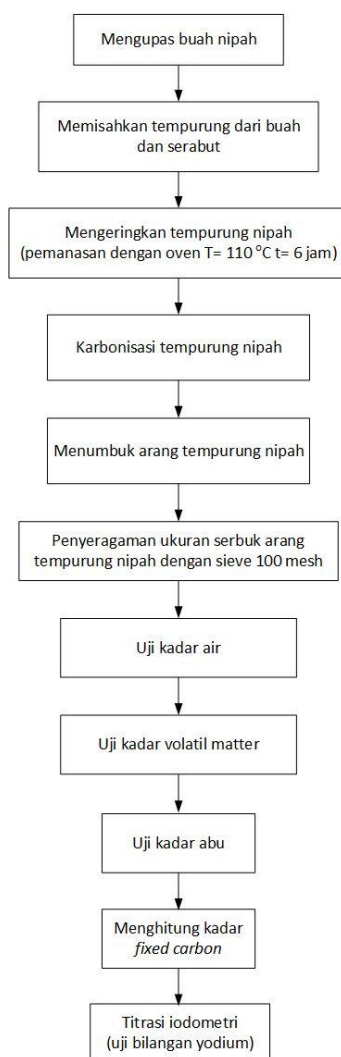
2.3 Metode Analisis

Analisis proksimat dilakukan dengan *furnace* merk Nabertherm yang memiliki suhu operasi maksimal 1000 °C serta semua peralatan gelas dan keramik berasal dari program studi Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap.

Analisis proksimat meliputi penentuan kadar air, kadar *volatile matter*, dan kadar abu dengan menggunakan metode ASTM D1762-84 tentang metode standar uji analisis kimia untuk arang dari kayu [12], dengan penentuan kadar *volatile matter* sedikit dilakukan modifikasi sesuai dengan metode dalam SNI 06-3730-1995 yakni sampel yang ditimbang menggunakan karbon yang baru dengan massa 2 gram, serta menggunakan cawan krus porselen yang ditumpuk dan ditutup. Kadar karbon terikat merupakan penjumlahan persentase kelembaban, abu, dan *volatile matter* dikurangi dari 100 (ASTM D3172-07a). Penentuan bilangan yodium mengacu pada metode dalam SNI 06-3730-1995 mengenai arang aktif teknis. Tahapan pembuatan dan analisis arang ditunjukkan dengan diagram alir penelitian (Gambar 2).



Gambar 1. Rangkaian alat karbonisasi tempurung nipah (*custom*)



Gambar 2. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis proksimat dapat digunakan untuk mengetahui kadar karbon terikat yang merupakan sifat penting untuk menunjukkan potensi dari suatu biomassa digunakan sebagai bahan anoda baterai sekunder berbasis karbon. Analisis proksimat memberikan data komposisi biomassa dalam bentuk komponen kelembaban (*Moisture/M*), materi volatil (*Volatile Matter/VM*), abu (*Ash*), dan karbon murni (*Fixed Carbon/FC*). Analisis proksimat merupakan pengukuran yang relatif sederhana dan murah. Kadar karbon murni atau karbon terikat (*Fixed Carbon*) dapat ditentukan apabila telah diperoleh nilai kadar air, kadar *volatile matter*, dan kadar abu dari karbon biomassa [13].

3.1 Kadar Air

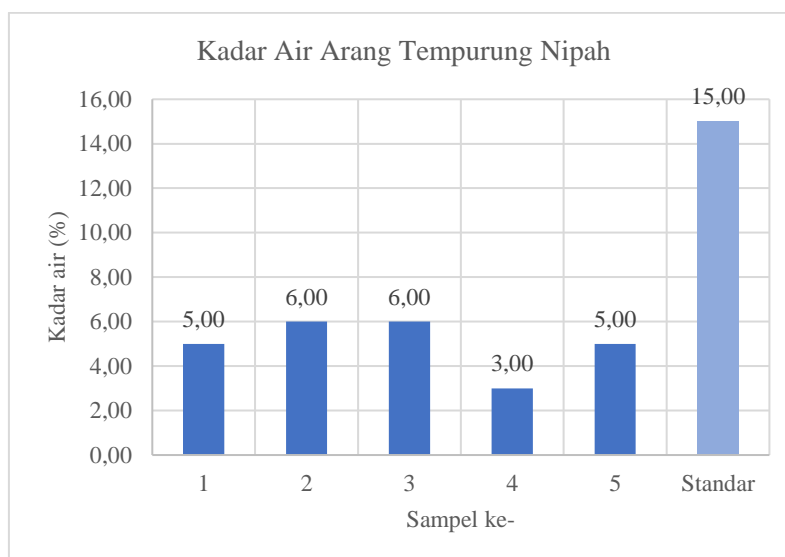
Kadar air merupakan parameter karakterisasi arang yang sangat penting. Keberadaan air di dalam karbon atau arang pada prinsipnya tidak bagus untuk aplikasi. Kebanyakan karbon aktif yang diproduksi pabrik memiliki gugus fungsional yang sangat kaya pada permukaannya, yang juga merupakan situs aktif untuk penjerapan air. Karbon aktif komersial akan mengalami kontak dengan atmosfer selama penyimpanan dan pengangkutan sehingga akan menjadi jenuh dengan air dari atmosfer. Adsorpsi sebagian besar terjadi di mikropori sehingga keberadaan air akan menghambat atau bahkan bisa membantu proses

Analisis Proksimat Dan Bilangan Yodium Sebagai Kajian Awal Arang Tempurung Nipah Sebagai Bahan Intermediate Karbon Keras

adsorpsi zat tertentu [14]. Menurut Zhou et.al. (2001) karbon aktif memiliki waktu pengeringan minimum untuk menguapkan sejumlah kadar air yang ada di dalamnya. Kadar air sisa yang terdapat di dalam karbon aktif akan mencapai < 2% setelah pengeringan selama 6 jam yang setara dengan 1,2% volume pori. Diameter molekul air yang sebesar 0,306 nm akan dapat masuk ke mikropori karbon aktif [14].

Tabel 2. Data kadar air sampel arang tempurung nipah

Sampel	Kadar Air (%)
1	2
Sampel 1	5,00
Sampel 2	6,00
Sampel 3	6,00
Sampel 4	3,00
Sampel 5	5,00
Rata-rata	5,00



Gambar 3. Diagram batang kadar air arang tempurung nipah sampel 1 s.d. 5

Kandungan air di dalam suatu arang atau karbon akan dapat melarutkan karbon itu sendiri dan meningkatkan berat sampel saat proses, karena itu kandungan air yang semakin rendah akan semakin baik. Kandungan air bersama dengan porositas dari suatu biomassa tergantung pada derajat konversi biomassa melalui proses pembakaran atau gasifikasi. Beberapa jenis biomassa kayu tersusun dari serat yang mana dinding selnya memiliki saluran pengangkutan gas dan air. Kandungan air dan porositas ini mempengaruhi sifat konduktivitas panas dan kalor jenis biomassa [13]. Kadar air karbon aktif yang rendah hingga hanya 2% menunjukkan kualitas karbon yang baik [15]. Kandungan air, abu, dan *volatile matter* yang rendah akan memberikan densitas partikel yang relatif kecil dan menjadi indikator bahwa suatu bahan mentah bio memiliki kualitas baik sebagai adsorben [16]. Kandungan air dalam kisaran 15 – 20% umum pada pembuatan arang dari biomassa [17].

Kadar air arang tempurung nipah pada penelitian ini rata-rata sebesar 5,28% (Tabel 2) atau lebih rendah dari kisaran yang dinyatakan oleh [17] maupun batas maksimal yang dinyatakan dalam SNI 06-3730-

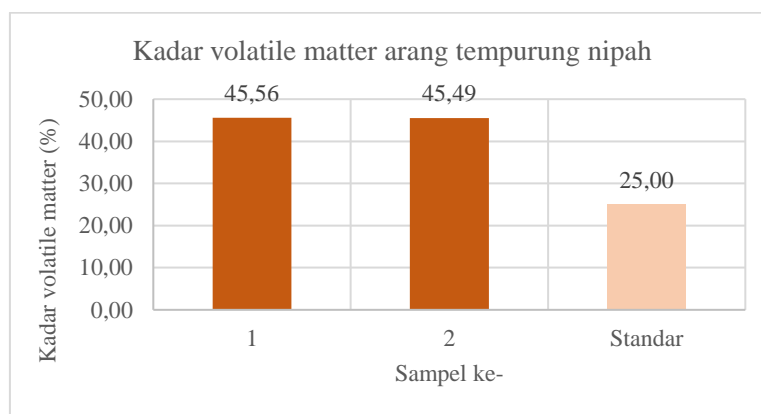
1995 (Gambar 3) menunjukkan kandungan air bebas pada arang tempurung nipah cukup rendah hal ini mengindikasikan bahwa selama proses karbonisasi, jumlah air yang diuapkan relatif besar mengingat tanaman nipah merupakan tanaman yang tumbuh di daerah berair sehingga kandungan air pada tanaman ini tinggi. Kadar yang tinggi merupakan karakteristik utama dari biomassa. Akar tanaman biomassa menyerap air dari dalam tanah dan mendorongnya meresap ke lapisan kulit luar tanaman. Air bergerak menuju daun melalui celah kapiler tanaman. Reaksi fotosintesis yang terjadi di daun menggunakan sebagian dari air ini dan sisanya dilepas ke atmosfer melalui proses transpirasi. Kandungan total air dari beberapa biomassa dapat mencapai 90%. Keberadaan air ini dapat menyerap energi yang besar saat pembakaran atau proses konversi termokimia untuk menguapkan air. Air yang terkandung dalam biomassa dibagi menjadi 2 jenis yaitu air bebas atau eksternal dan air terikat atau ekuilibrium [13].

3.2 Kadar *Volatile Matter*

Volatile matter merupakan penyusun dari suatu biomassa selain air yang oleh pembakaran akan dilepaskan sebagai gas dan uap pada suhu tinggi dan pada kondisi tanpa adanya oksigen. Biomassa yang memiliki kandungan *volatile matter* tinggi akan lebih mudah dirombak dan dikonversi dibandingkan dengan yang memiliki kandungan *fixed carbon* yang tinggi.

Tabel 3. Data kadar *volatile matter* sampel arang tempurung nipah

Sampel	Kadar <i>Volatile Matter</i> (%)
	1
Sampel 1	45,56
Sampel 2	45,49
Rata-rata	45,52



Gambar 4. Diagram batang kadar *volatile matter* arang tempurung nipah sampel 1 dan 2

Secara teoritis, biomassa yang memiliki fraksi *volatile* yang lebih tinggi lebih cocok untuk diolah menjadi bio-oil sedangkan yang memiliki *fixed carbon* yang lebih tinggi lebih cocok untuk produksi arang [17]. Dalam proses karbonisasi, air dan zat *volatile* dengan berat molekul rendah dilepaskan pertama kali, diikuti dengan zat aromatik ringan, dan yang terakhir adalah gas hidrogen. Suhu yang semakin tinggi akan meningkatkan kandungan abu dan *fixed carbon* serta menurunkan kandungan *volatile matter* dalam bahan ligo-selulosa yang dibakar, oleh karena itu pembakaran dengan suhu yang tinggi akan menghasilkan arang dengan kualitas yang semakin baik namun yield akan semakin menurun. Pada kisaran suhu 150 – 400 °C terjadi pengurangan berat tertinggi dari bahan sebagai hasil dari menguapnya *volatile matter* dan tar [18].

Analisis Proksimat Dan Bilangan Yodium Sebagai Kajian Awal Arang Tempurung Nipah Sebagai Bahan Intermediate Karbon Keras

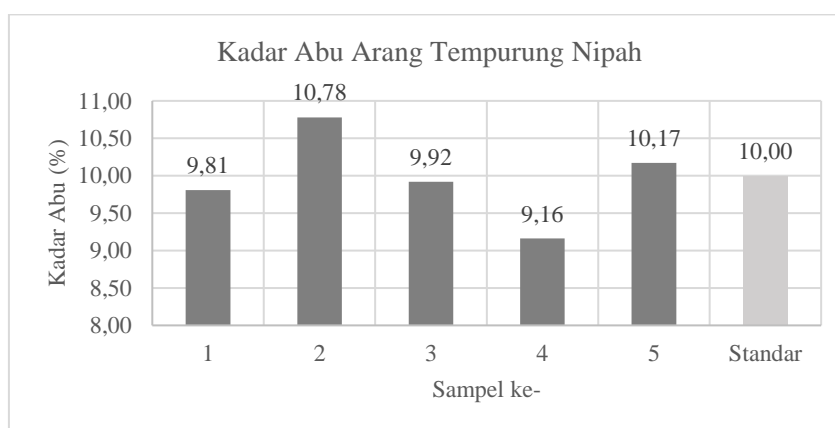
Kandungan *fixed carbon* dan abu akan semakin meningkat dengan meningkatnya suhu karbonisasi tetapi kandungan *volatile matter* akan semakin menurun, hal ini terjadi karena pada suhu yang semakin tinggi rekasi karbonisasi semakin sempurna, yang selanjutnya akan menurunkan rasio H/C dan O/C serta menghasilkan arang dengan stabilitas yang lebih tinggi [19]. Kadar *volatile matter* rata-rata dari arang tempurung nipah pada penelitian ini sebesar 45,52% (Tabel 3) lebih rendah dari mutu arang aktif teknis yang dipersyaratkan dalam SNI 06-3730-1995 (Gambar 4). Suhu karbonisasi memiliki pengaruh besar dalam menentukan komposisi *volatile matter* dan *fixed carbon* arang, nilai persentase *volatile matter* yang lebih besar daripada *fixed carbon* menunjukkan suhu pembakaran yang dipakai tidak dapat menguapkan *volatile matter* pada bahan biomassa dengan optimal.

3.3 Kadar Abu

Nilai rata-rata kadar abu yang dimiliki oleh arang tempurung nipah penelitian ini sebesar 9,97% (Tabel 4) masih berada pada kisaran yang disarankan oleh berbagai referensi penelitian yang ada termasuk SNI 06-3730-1995 (Gambar 5), sehingga dapat diperoleh suatu kesimpulan bahwa kandungan bahan anorganik dalam arang tempurung nipah relatif kecil walaupun tanpa aktivasi kimia dalam proses pengarangannya. Kadar abu mewakili kandungan komponen anorganik dalam suatu bahan biomassa.

Tabel 4. Data kadar abu sampel arang tempurung nipah

Sampel	Kadar Abu (%)
1	2
Sampel 1	9,81
Sampel 2	10,78
Sampel 3	9,92
Sampel 4	9,16
Sampel 5	10,17
Rata-rata	9,97



Gambar 5. Diagram batang kadar abu arang tempurung nipah sampel 1 s.d. 5

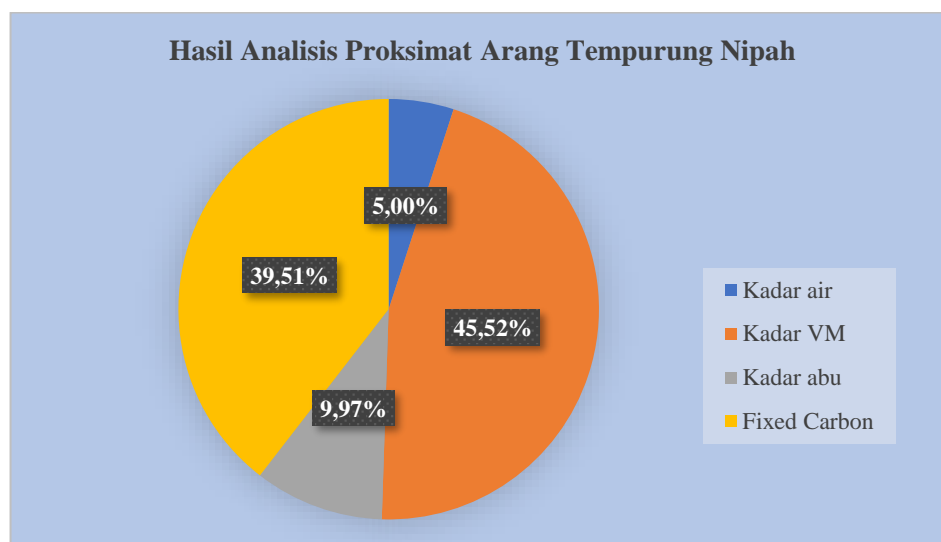
Abu merupakan residu anorganik yang tertinggal setelah proses pembakaran. Senyawa-senyawa anorganik yang menyusun abu antara lain senyawa potasium, kalsium, natrium, silikon, fosfor, dan klorin. Komposisi abu dalam biomassa terletak pada kisaran < 2% pada kayu-kayuan lunak dan mencapai 15% pada biomassa jenis herbal dan limbah pertanian. Kandungan abu merupakan masalah

dalam konversi termokimia biomassa karena kandungan zat-zat anorganik yang terdapat dalam abu terutama potasium dan kalsium akan mengkatalisis reaksi dekomposisi biomassa dan pembentukan arang, yang mengakibatkan menurunnya suhu puncak atau maksimum reaksi sehingga mempengaruhi pula yield cairan yang dihasilkan dan menurunkan nilai kalor arang [17]. Kandungan abu dalam suatu bahan juga mempengaruhi titik nyala (*ignition point*) dari karbon yang merupakan hal penting dalam proses adsorpsi suatu pelarut sehingga menurunkan *overall activity* karbon aktif dan efisiensi reaktivasi. Semakin rendah kandungan abu maka semakin baik kualitas karbon aktif jika digunakan sebagai adsorben. Abdullah et al. dalam artikel yang ditulis oleh Ekpete et al. (2017) menyebutkan bahwa kadar abu dalam arang atau karbon untuk adsorben sebaiknya terletak pada kisaran 1 – 20% [16]. Kadar abu yang rendah dalam suatu arang atau karbon juga menjadi petunjuk bahwa karbon tersebut memiliki *fixed carbon* yang tinggi yang menunjukkan pula bahwa kualitas karbon itu baik [15].

3.4 Kadar Fixed Carbon

Fixed carbon merupakan karbon padat dari biomassa yang tertinggal di dalam arang hasil proses pirolisis setelah terjadinya devolatilisasi. Karbon biomassa terbentuk dari proses fiksasi CO₂ saat fotosintesis dan karena itu termasuk zat organik. *Kadar fixed carbon* tergantung dari kadar *volatile matter*, sehingga *fixed carbon* bukan merupakan besaran tetap namun dapat memberikan parameter evaluasi yang berguna dari suatu bahan bakar [13].

Kadar *fixed carbon* atau karbon murni adalah nilai yang dihitung. Nilai ini merupakan hasil dari penjumlahan persentase kelembaban, abu, dan materi volatil dikurangi dari 100. Semua persentase harus berada pada basis referensi kelembaban yang sama [20]. Kandungan *fixed carbon* dipengaruhi oleh suhu karbonisasi, apabila suhu semakin tinggi maka akan menghasilkan kadar *fixed carbon*, gas, dan kadar abu yang semakin besar [18], [19].



Gambar 6. Pie chart kadar *fixed carbon* terhitung tempurung nipah arang tempurung nipah

Kandungan *fixed carbon* dan abu akan semakin meningkat dengan meningkatnya suhu karbonisasi tetapi kandungan *volatile matter* akan semakin menurun, hal ini terjadi karena pada suhu yang semakin tinggi reaksi karbonisasi semakin sempurna, yang selanjutnya akan menurunkan rasio H/C dan O/C serta menghasilkan arang dengan stabilitas yang lebih tinggi [19]. Kandungan *fixed carbon* yang tinggi menjadi indikator yang baik untuk menunjukkan stabilitas arang (*biochar*) dan kemampuan menghasilkan karbon dari biomassa. Nilai rata-rata *fixed carbon* terhitung dari arang tempurung nipah

Analisis Proksimat Dan Bilangan Yodium Sebagai Kajian Awal Arang Tempurung Nipah Sebagai Bahan Intermediate Karbon Keras

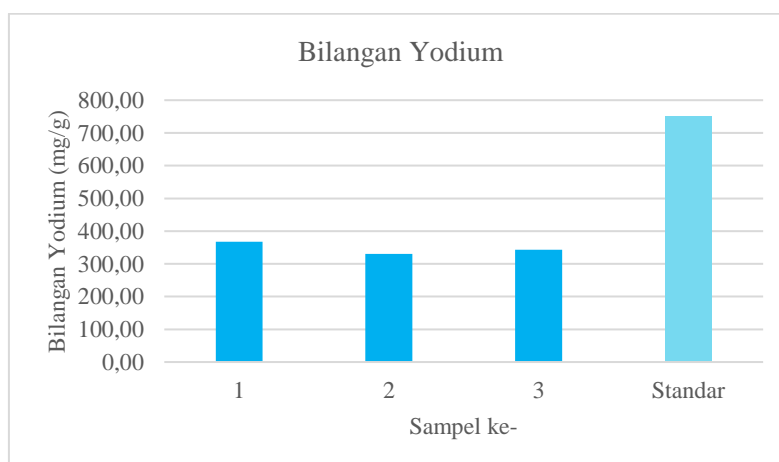
penelitian ini adalah 39,24%. Penelitian Frikha et al. [19] membuat arang (*biochar*) dari residu pabrik destilasi menggunakan variasi suhu karbonisasi 450, 500, dan 550 °C menghasilkan arang dengan kandungan *fixed carbon* berturut turut 67,92%, 71,88%, dan 72,80 %. Nilai kadar *fixed carbon* tergantung oleh kadar *volatile matter* yang dapat diupakan selama proses karbonisasi. Penguapan *volatile matter* yang kurang optimal menghasilkan kadar *fixed carbon* yang tidak optimal pula, dan kedua parameter ini sangat dipengaruhi oleh pemilihan suhu karbonisasi.

3.5 Bilangan Yodium

Bilangan yodium dapat digunakan sebagai indikator relatif porositas dalam karbon aktif. Bilangan ini tidak selalu memberikan ukuran kemampuan karbon untuk menyerap suatu spesies, namun dapat memperkiraan luas permukaan untuk beberapa jenis karbon aktif. Adanya zat mudah menguap yang terjepit, belerang, atau air di dalam karbon dapat mempengaruhi nilai bilangan yodium yang diukur [21]. Bilangan yodium dan metilen biru dapat digunakan untuk memperkirakan luas permukaan, volume mikropori, dan volume total pori karbon aktif [22] atau dapat dikatakan sebagai indikator kapasitas adsorpsi dari karbon aktif [23]–[25]. Ukuran luas permukaan molekul yodium yang cukup kecil (sekitar 0,4 nm²) memungkinkan terjadinya penetrasi ke dalam mikropori (diameter 0 – 20 Å atau < 2 nm) [22], [23], [25] sedangkan ukuran luas permukaan molekul metilen biru lebih besar yakni 2,08 nm² sehingga hanya dapat memasuki mikropori yang berukuran besar, mesopori, dan makropori [22], [23]. Bilangan yodium atau yang juga disebut daya serap yodium dapat mengukur kandungan mikropori dari karbon aktif dengan range yang umum sebesar 500 – 1200 mg/g atau setara dengan luas permukaan karbon aktif sebesar 900 – 1100 m²/g [24], [25].

Tabel 5. Data bilangan yodium sampel arang tempurung nipah

Sampel	Bilangan yodium (mg/g)
1	2
1	368,01
2	329,94
3	342,63
Rata-rata	346,86



Gambar 7. Diagram batang kadar abu arang tempurung nipah sampel 1 s.d. 3

Penentuan bilangan yodium merupakan suatu teknik yang dikembangkan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dari karbon aktif. Bilangan yodium dapat menunjukkan porositas dari karbon aktif. Bilangan yodium didefinisikan sebagai jumlah yodium yang terjerap oleh 1 gram karbon (dinyatakan tiap mg karbon). Bilangan yodium dapat digunakan sebagai perkiraan luas permukaan dan banyaknya mikropori dari suatu karbon aktif dengan ketepatan yang bagus. Penjerapan yodium dalam karbon aktif selanjutnya ditentukan dengan metode titrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat [25]. Larutan natrium tiosulfat akan bereaksi dengan ion yodium yang dibebaskan atau yang tidak terjerap karbon aktif (SNI 06-3730-1995).

Hasil penentuan bilangan yodium arang tempurung nipah pada penelitian ini diperoleh rata-rata sebesar 346,86 mg/g (Tabel 5). Nilai ini lebih kecil daripada kandungan mikropori karbon aktif pada umumnya maupun menurut SNI 06-3730-1995 (Gambar 7), sehingga dapat disimpulkan bahwa arang tempurung nipah dalam penelitian ini memiliki jumlah mikropori yang relatif sedikit, proses pengarangan yang tidak menggunakan aktivasi kimia membuat kemampuan adsorpsi yodium semakin tidak optimal. Secara keseluruhan hasil karakterisasi arang tempurung nipah berupa kadar air, kadar volatile matter, kadar abu, kadar fixed karbon, dan bilangan yodium dirangkum dalam Tabel 6 yang dibandingkan dengan standar arang aktif teknis dari SNI 06-3730-1995.

Tabel 6. Perbandingan antara syarat mutu arang aktif teknis menurut SNI 06-30-1995 dengan nilai dari sampel arang tempurung nipah.

No	Parameter mutu	Satuan	Nilai yang disyaratkan		Nilai sampel arang tempurung nipah
			Butiran	Serbuk	
1	2	3	4	5	6
1	Kadar air	%	Maks. 4,4	Maks. 15	<u>5,00</u>
2	Kadar abu	%	Maks. 2,5	Maks. 10	<u>9,97</u>
3	Kadar <i>volatile matter</i>	%	Maks. 15	Maks. 25	<u>42,93</u>
4	Kadar <i>fixed carbon</i> (karbon murni)	%	Min. 80	Min. 65	<u>42,11</u>
5	Bilangan yodium	mg/g	Min 750	Min 750	<u>346,86</u>

4. KESIMPULAN

Arang tempurung nipah hasil karbonisasi pada penelitian ini memiliki kandungan air dan kandungan zat anorganik yang cukup rendah ditunjukkan dengan kadar air sebesar 5,00% dan kadar abu sebesar 9,97%. Rendahnya kandungan air dan zat anorganik ini menunjukkan bahwa arang tempurung nipah pada prinsipnya tidak memiliki sifat inhibitor yang berarti yang dapat menghambat dalam pengolahan selanjutnya. Kadar *volatile matter* yang relatif besar yakni 42,93% yang hampir sama dengan kadar *fixed carbon* yakni 42,11% menunjukkan bahwa suhu karbonisasi masih rendah untuk menghasilkan arang dengan yang lebih tinggi kandungan karbonnya. Bilangan yodium yang sebesar 346,86 mg/g menunjukkan porositas karbon terutama pada kandungan mikropori yang masih rendah. Penelitian atau percobaan selanjutnya perlu merancang aktivasi fisika yang menyediakan kondisi tanpa oksigen (atmosfer inert) dalam proses karbonisasi dan juga aktivasi secara kimia untuk menghasilkan karbon dengan jumlah mikropori yang besar sehingga layak untuk diproses lebih lanjut menghasilkan karbon keras yang sesuai dengan persyaratan anoda baterai ion litium atau sodium.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari DIPA Kementerian Pendidikan Riset dan Teknologi Dirjen Pendidikan Vokasi tahun 2022 serta didukung oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Cilacap dan program studi Sarjana Terapan Teknik Penegndalian Pencemaran Lingkungan Politeknik Negeri Cilacap.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Kularatna, "Rechargeable batteries and their management: Part 30 in a series of tutorials on instrumentation and measurement," *IEEE Instrum. Meas. Mag.*, vol. 14, no. 2, pp. 20–33, 2011, doi: 10.1109/MIM.2011.5735252.
- [2] C. Bai, P. Dallasega, G. Orzes, and J. Sarkis, "Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective," *Int. J. Prod. Econ.*, 2020, doi: 10.1016/j.ijpe.2020.107776.
- [3] P. K. R. Maddikunta *et al.*, "Industry 5.0: A survey on enabling technologies and potential applications," *J. Ind. Inf. Integr.*, vol. 26, no. 100257, 2022, doi: 10.1016/j.jii.2021.100257.
- [4] M. Thompson, Q. Xia, Z. Hu, and X. S. Zhao, "A review on biomass-derived hard carbon materials for sodium-ion batteries," *Mater. Adv.*, vol. 2, no. 18, pp. 5881–5905, 2021, doi: 10.1039/d1ma00315a.
- [5] G. E. Blomgren, "The Development and Future of Lithium Ion Batteries," *J. Electrochem. Soc.*, vol. 164, no. 1, pp. 5019–5025, 2017, doi: 10.1149/2.0251701jes.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] T. E. P. Sri Rahayu, R. Dwityaningsih, and U. Ulikaryani, "Pengaruh Waktu Karbonisasi Terhadap Kadar Air dan Abu Serta Kemampuan Adsorpsi Arang Tempurung Nipah Teraktivasi Asam Klorida," *Infotekmesin*, vol. 13, no. 1, pp. 124–130, 2022, doi: 10.35970/infotekmesin.v13i1.1027.
- [9] 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.
- [10] C. D. Liyanage and M. Pieris, "A Physico-Chemical Analysis of Coconut Shell Powder," *Procedia Chem.*, vol. 16, pp. 222–228, 2015, doi: 10.1016/j.proche.2015.12.045.
- [11] F. A. Gonçalves, H. A. Ruiz, E. S. dos Santos, J. A. Teixeira, and G. R. de Macedo, "Valorization, Comparison and Characterization of Coconuts Waste and Cactus in a Biorefinery Context Using NaClO₂-C₂H₄O₂ and Sequential NaClO₂-C₂H₄O₂/Autohydrolysis Pretreatment," *Waste and Biomass Valorization*, vol. 10, no. 8, pp. 2249–2262, 2019, doi: 10.1007/s12649-018-0229-6.
- [12] F. M. Y. Diego Aleixo da Silva, Ana Larissa Santiago Hansted, Gabriela Tami Nakashima, Elias Ricardo Durango Padilla, Júlio César Pereira, "Volatile matter values change according to the standard utilized?," *Res. Soc. Dev.*, vol. 10, no. 12, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20476>.
- [13] P. Basu, *Biomass characteristics*. 2018.
- [14] 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.
- [15] 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>.
- [16] 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>.
- [17] V. Dhyani and T. Bhaskar, "A comprehensive review on the pyrolysis of lignocellulosic biomass," *Renew. Energy*, vol. 129, pp. 695–716, 2018, doi: 10.1016/j.renene.2017.04.035.
- [18] P. González-García, "Activated carbon from lignocellulosics precursors: A review of the synthesis methods, characterization techniques and applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 82, no. xxxx, pp. 1393–1414, 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.04.117.
- [19] K. Frikha *et al.*, "Exhausted grape marc derived biochars: Effect of pyrolysis temperature on the yield and quality of biochar for soil amendment," *Sustain.*, vol. 13, no. 20, 2021, doi: 10.3390/su132011187.
- [20] R. Cars, *ASTM-D3172*. pp. 5–7.
- [21] ASTM, *Standard Test Method for Determination of Iodine Number of Activated Carbon*, vol. 94, no. Reapproved. 2006, pp. 1–5.
- [22] 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.
- [23] F. Raposo, M. A. De La Rubia, and R. Borja, "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, no. 1–3, pp. 291–299, 2009, doi: 10.1016/j.jhazmat.2008.09.106.
- [24] S. Mopoung, P. Moonsri, W. Palas, and S. Khumpai, "Characterization and Properties of Activated Carbon Prepared from Tamarind Seeds by KOH Activation for Fe(III) Adsorption from Aqueous Solution," *Sci. World J.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/415961.
- [25] C. Saka, "BET, TG-DTG, FT-IR, SEM, iodine number analysis and preparation of activated carbon from acorn shell by chemical activation with ZnCl₂," *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, vol. 95, pp. 21–24, 2012, doi: 10.1016/j.jaap.2011.12.020.