

# Studi Pemanfaatan Limbah Biomassa sebagai *Raw Material* Adsorben SiC dalam Penurunan Konsentrasi Amonia sebagai Parameter Bau dalam Air Limbah

## Study Utilization of Biomass Waste as SiC Adsorbent Raw Material in Decreasing Ammonia Concentrations as Odor Parameters in Wastewater

TIA AGUSTIANI<sup>1,2\*</sup>, ASEP SAEFUMILLAH<sup>1</sup>, DAN HANIES AMBARSARI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Magister Ilmu Kimia, Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Email: tia.agustiani@ui.ac.id

### ABSTRACT

*Biomass as raw material is one solution that can be developed in the management of agricultural, plantation, and industrial waste. The utilization of biomass-derived from waste can help reduce pollution and environmental pollution. This research was conducted to make Silicon Carbide (SiC) adsorbent from wood biomass using sengon sawdust as a source of carbon and non-wood biomass, namely coconut husk, as a source of silica. SiC adsorbent is applied for ammonium adsorption, which has implications on reducing ammonia gas from wastewater, reducing odor. The research methods included isolation of silica and carbon, the production of SiC adsorbent by magnesiothermic reduction, and the characterization of SiC adsorbents with XRD and SEM-EDX. Adsorption capacities of SiC to ammonium were determined according to SiO<sub>2</sub>:C adsorbent ratios (1:3 and 5:3), adsorbent mass variations, and ammonium concentrations in simulated wastewater using the spectrophotometric method. The results showed that SiC could be used as an adsorbent because there are pores on the surface structure. The optimum SiO<sub>2</sub>:C adsorbent ratio in adsorbing ammonium was 1:3 (SiC 136) with 45% adsorbed ammonium and an adsorption capacity of 0.47 mg/g. The optimum adsorbent mass in adsorbing ammonium was 0.1 g with 41.77% adsorbed ammonium. The optimum concentration of ammonium in simulated wastewater for ammonium adsorption was 20 mg/L with 46.25% adsorbed ammonium. The adsorption isotherm pattern during the ammonium adsorption process follows the Freundlich isotherm, which means that the adsorption process occurs physically.*

**Keywords:** adsorbent, adsorption, ammonia, biomass, coconut husk, SiC

### ABSTRAK

Biomassa sebagai *raw material* merupakan salah satu solusi yang dapat dikembangkan dalam pengelolaan limbah hasil pertanian, perkebunan, dan industri. Pemanfaatan biomassa yang berasal dari limbah dapat membantu mengurangi tingkat polusi dan pencemaran lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk membuat adsorben *Silikon Carbida* (SiC) dari biomassa kayu yaitu memanfaatkan serbuk gergaji kayu Sengon sebagai sumber karbon dan biomassa non kayu yaitu sabut kelapa sebagai sumber silika. Adsorben SiC diaplikasikan dalam penjerapan amonium yang berimplikasi pada potensi penurunan gas amonia dari air limbah sehingga adsorben SiC berpotensi mengurangi bau dalam air limbah. Metode penelitian meliputi isolasi silika, isolasi karbon, pembuatan adsorben SiC secara reduksi magnesiotermik dan karakterisasi adsorben SiC dengan XRD dan SEM-EDX. Penentuan daya adsorpsi SiC sebagai adsorben terhadap variasi rasio adsorben SiO<sub>2</sub>:C (1:3 dan 5:3), variasi massa adsorben, variasi konsentrasi limbah simulasi menggunakan metode spektrofotometri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa SiC dapat digunakan sebagai adsorben karena terdapat pori-pori pada struktur permukaan. Variasi rasio adsorben SiO<sub>2</sub>:C optimum dalam mengadsorpsi amonium ialah SiC 136 dengan amonium teradsorpsi sebanyak 45% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,47 mg/g. Massa adsorben optimum dalam mengadsorpsi amonium ialah 0,1 g dengan amonium teradsorpsi 41,77%. Konsentrasi optimum limbah simulasi dalam adsorpsi amonium 20 mg/L dengan amonium teradsorpsi 46,25%. Pola isoterm adsorpsi selama proses adsorpsi amonium mengikuti isoterm Freundlich, yang berarti proses adsorpsi cenderung terjadi secara fisika.

**Kata kunci:** adsorben, adsorpsi, amonia, biomassa, sabut kelapa, SiC

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Biomassa adalah bahan organik yang tersedia secara terbarukan dan diproduksi langsung atau tidak langsung oleh organisme hidup tanpa kontaminasi dari zat lain atau limbah. Limbah hutan dan pabrik, tanaman pertanian dan limbah kayu, kotoran hewan, limbah operasi ternak, tanaman air, pertumbuhan pohon dan tanaman, serta sampah kota dan industri adalah termasuk biomassa. Pada dasarnya biomassa dikelompokkan menjadi tiga kelompok besar, yaitu biomassa kayu, biomassa bukan kayu, dan bahan bakar sekunder<sup>(1)</sup>.

Kelapa (*Cocos nucifera* L.) adalah salah satu tanaman penghasil biomassa non kayu dari sabutnya. Luas perkebunan kelapa nasional pada tahun 2020 mencapai 3.377.376 hektar dengan produksi kelapa per tahun 2020 sebanyak 2.798.980 ton<sup>(2)</sup>. Sekitar 35% buah kelapa merupakan sabut kelapa. Dari 16.000 butir kelapa dapat menghasilkan 2.800 kg serat sabut<sup>(3)</sup>. Jika tidak dikelola dengan baik maka akan menimbulkan limbah yang akan mencemari lingkungan. Sabut kelapa mempunyai komposisi serat kasar 30,34%, selulosa 32,69%, hemiselulosa 22,56%, lignin 42,10%, dan kadar air 5,43%<sup>(4)</sup>. Sabut kelapa memiliki potensi besar sebagai sumber silika ( $\text{SiO}_2$ ) alternatif dari produk limbah perkebunan<sup>(5)</sup>.

Kemudian salah satu bentuk biomassa non kayu ialah serbuk gergaji kayu. Industri mebel banyak menggunakan bahan kayu berkualitas tinggi dalam produksinya. Salah satu kayu yang sering digunakan adalah Sengon (*Paraserianthes falcataria*). Industri ini menghasilkan limbah yang belum secara maksimal dimanfaatkan oleh masyarakat, salah satunya yaitu serbuk gergaji. Produksi serbuk gergaji kayu di Indonesia adalah sebesar 1.217.868 m<sup>3</sup> dengan densitas 600 kg/m<sup>3</sup> sehingga didapatkan bobot limbah serbuk gergaji sekitar 730.720.800 ton<sup>(6)</sup>. Komponen kimia yang terdapat pada kayu adalah karbohidrat, lignin, dan zat ekstraktif. Struktur kimia ketiga komponen tersebut tersusun atas karbon, hidrogen, dan oksigen. Berdasarkan komponen kimianya, maka serbuk gergaji kayu ini berpotensi sebagai sumber karbon yang dapat diolah dan dimanfaatkan menjadi sesuatu yang lebih bernilai dan tidak mencemari lingkungan.

Limbah biomassa berupa sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu tersebut dapat dimanfaatkan sebagai *raw material* dalam pembuatan adsorben SiC (*Silikon Carbida*). Dimana saat ini pembuatan SiC dari bahan alam sedang banyak diminati baik cara mendapatkan bahan dasar silika maupun karbon. Selama ini sintesis SiC menggunakan sumber karbon dalam bentuk

grafit, karbon *black* maupun batu bara serta sumber silika dari mineral-mineral alamiah seperti kuarsa dan batuan. Sumber-sumber tersebut merupakan bahan alam yang tidak dapat diperbaharui sehingga akan habis. Maka dari itu saat ini beberapa peneliti melakukan penelitian dengan memanfaatkan limbah pertanian, perkebunan, dan industri sebagai sumber silika dan karbon. SiC dapat dipreparasi secara reduksi karbotermal dari bambu arang sebagai sumber karbon yang diaplikasikan sebagai komposit keramik<sup>(7)</sup>. Selain itu pemanfaatan sekam padi yang dikonversi menjadi SiC sebagai sumber Si dan C dengan metode magnesiotermik sudah dilakukan<sup>(8)</sup>. Namun belum dilakukan pembuatan SiC dari sumber silika limbah pertanian lain seperti dari sabut kelapa yang memiliki potensi sebagai sumber silika.

SiC yang diperoleh dari *raw material* biomassa diaplikasikan sebagai adsorben dalam air limbah. Salah satunya air limbah industri *nata de coco* yang merupakan salah satu industri yang memanfaatkan bahan baku air buah kelapa. Akhir-akhir ini pemanfaatan bahan baku air kelapa untuk Agroindustri *nata de coco* mengalami peningkatan. Perkembangan jumlah Agroindustri *nata de coco* mengakibatkan semakin besarnya limbah yang dihasilkan<sup>(9)</sup>. Limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri *nata de coco* sulit dihindari, terutama limbah air yang digunakan dalam proses perendaman. Air limbah ini bersifat asam karena mengandung asam asetat dalam konsentrasi tinggi<sup>(10)</sup>. Air limbah sisa fermentasi yang memiliki bau tidak sedap ini menyebabkan pencemaran air karena masih mengandung sejumlah bahan terlarut seperti amonium. SiC hasil preparasi dari silika sabut kelapa dan karbon serbuk gergaji kayu Sengon diaplikasikan sebagai adsorben. Hal ini karena SiC mempunyai karakter pori yang umum dimiliki oleh adsorben lain. Sehingga diharapkan SiC dapat mengadsorpsi amonium dan menurunkan kadar amonia sebagai parameter bau dalam limbah industri *nata de coco*. Sehingga diharapkan dapat diterapkan dalam adsorpsi amonium pada limbah asli industri *nata de coco*.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mengkaji potensi limbah biomassa sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu Sengon sebagai *raw material* dalam pembuatan adsorben SiC, mengetahui daya adsorpsi SiC terhadap konsentrasi amonium dalam air limbah dan mengetahui pola isoterm adsorpsi SiC dalam mengadsorpsi amonium.

## 2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pusat Teknologi Lingkungan (PTL), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Puspiptek, Tangerang Selatan. Adsorpsi amonium oleh adsorben SiC dilakukan dalam sistem *batch* dengan cara menambahkan adsorben SiC dengan massa tertentu ke dalam air limbah simulasi berupa larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$ .

### 2.1 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain adalah sabut kelapa dan serbuk gergaji kayu Sengon yang diperoleh dari daerah Ciamis, Jawa Barat, serbuk magnesium (Mg) produksi Merck,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  96% produksi Malinckrodt Baker Inc. HCl 37%, dan  $\text{NH}_4\text{OH}$  produksi Malinckrodt Baker Inc serta kertas saring Whatman No. 42.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain peralatan gelas, neraca analitik (Sartorius CP224S), *furnace* (Thermolyne Type 47900), *magnetic stirrer* (IKA C-MAG HS 10), spektrofotometer UV-Vis (Jasco V-530), XRF (Rigaku nex cg), XRD (Miniflex), dan SEM-EDX (Desktop SEM Thermofisher - Phenom Pro X).

### 2.2 Pembuatan Adsorben SiC

Tahap pertama, isolasi silika dari sabut kelapa<sup>(5)</sup>. Sabut kelapa ditimbang kemudian sabut kelapa dicuci sebanyak lima kali yang mana empat kali dengan air ledeng selanjutnya satu kali dengan akuades. Sabut kelapa dikeringkan di dalam oven pada suhu 120 °C untuk menghilangkan kotoran dan kelembaban. Sabut kelapa yang sudah bersih ditempatkan pada cawan porselen dan dipanaskan pada suhu 700 °C selama 2 jam dalam *furnace*. Selanjutnya dikenakan perlakuan asam dengan penambahan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  5 N dalam gelas piala. Larutan dipanaskan hingga suhu 50 °C dan diaduk dengan *hot plate magnetic stirrer* secara terus menerus selama 1 jam. Setelah proses *leaching*, larutan disaring dan residu dicuci beberapa kali dengan akuades untuk menghilangkan kandungan asam pada abu. Residu abu dikeringkan pada suhu 70 °C selama 2 jam dalam oven untuk memperoleh bubuk silika. Silika hasil isolasi dikarakterisasi dengan menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui persentase massa silika.

Tahap kedua, isolasi karbon dari serbuk gergaji kayu Sengon<sup>(11)</sup>. Serbuk diolah menjadi arang. Proses pengarangan dilakukan dalam reaktor selama 5 jam pada suhu 500 °C tanpa adanya oksigen. Bobot serbuk kayu Sengon yang digunakan sebanyak 1.300 g yang sebelumnya dilakukan pengukuran kadar air. Bobot arang yang diperoleh ditimbang untuk

menentukan rendemennya. Hasil isolasi dikarakterisasi dengan XRD dan SEM-EDX.

Tahap ketiga, pembuatan adsorben SiC dengan variasi rasio  $\text{SiO}_2:\text{C}$  1:3 dan 5:3<sup>(8,11)</sup>. Dicampurkan silika dari sabut kelapa ( $\text{SiO}_2$ ) dan karbon dari serbuk gergaji (C) dengan variasi rasio  $\text{SiO}_2:\text{C}$  yaitu 1:3 dan 5:3 serta penambahan bubuk magnesium (rasio Si:Mg adalah 1:0,5). Campuran serbuk digerus menggunakan *mortar* dan alu. Sampel dipanaskan dalam *furnace* pada temperatur 600 °C dengan waktu pemanasan 6 jam. Serbuk yang diperoleh selanjutnya dicuci menggunakan HCl pekat dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Endapan disaring dan dikeringkan menggunakan *hot plate* pada temperatur 180 °C selama 1 jam sehingga diperoleh serbuk SiC 136 dan SiC 536. Kedua SiC dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) – *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) untuk melihat struktur mikro dan menganalisis jenis unsur material berdasarkan tingkat energi dan *X-ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa dan ukuran kristal SiC.

### 2.3 Daya Adsorpsi SiC

#### 2.3.1 Variasi Rasio Adsorben

Penentuan variasi rasio optimum adsorben dilakukan dengan cara mengambil 10 ml larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dengan konsentrasi 10 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam botol berbeda label untuk SiC 136 dan SiC 536. Selanjutnya ditimbang 0,1 g adsorben SiC 136 serta SiC 536 dan masing-masing ditambahkan ke dalam tiap botol berbeda label serta diaduk pada kecepatan 100 rpm selama 15 menit menggunakan *shaker*. Setelah selesai, larutan disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 dan filtratnya diuji untuk parameter amonium secara spektrofotometri.

#### 2.3.2 Variasi Massa Adsorben

Penentuan massa adsorben optimum dilakukan dengan mengambil larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dengan konsentrasi 10 mg/L sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam botol berbeda label untuk SiC 136 dan SiC 536. Kemudian setiap adsorben  $\text{SiO}_2:\text{C}$  dengan variasi massa 0,05 g; 0,1 g; 0,2 g ditambahkan ke dalam botol berbeda label tersebut. Pengujian dilakukan secara triplo. Larutan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 100 rpm selama 15 menit. Setelah selesai, larutan disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 dan filtratnya diuji parameter amonium secara spektrofotometri.

#### 2.3.3 Variasi Konsentrasi Adsorbat

Penentuan konsentrasi larutan sampel  $\text{NH}_4\text{OH}$  optimum sebagai adsorbat dilakukan dengan cara mengambil larutan  $\text{NH}_4\text{OH}$  sebanyak 10 mL dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg/L kemudian

dimasukkan ke dalam botol. Pengujian dilakukan secara triplo. Sampel dikontakkan dengan adsorben SiO<sub>2</sub>:C rasio optimum dan massa optimum yang diperoleh dari tahap sebelumnya serta diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 100 rpm selama 15 menit. Setelah selesai, larutan disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 dan filtratnya diuji parameter amonium secara spektrofotometri.

### 2.3.4 Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Penentuan pola isoterm adsorpsi dilakukan dengan cara mengambil larutan NH<sub>4</sub>OH sebanyak 10 mL dengan variasi konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, dan 60 mg/L kemudian dimasukkan ke dalam botol. Pengujian dilakukan secara triplo. Sampel dikontakkan dengan adsorben SiO<sub>2</sub>:C rasio optimum dan massa optimum. Proses pengontakkan diaduk dengan *shaker* pada kecepatan 100 rpm selama 15 menit. Setelah selesai, masing-masing larutan disaring dengan kertas saring Whatman No. 42 dan filtratnya diuji untuk parameter amonium secara spektrofotometri. Selanjutnya dilakukan analisis pola isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Isolasi Silika dari Sabut Kelapa

Silika dari sabut kelapa diisolasi melalui tahap pencucian, pengeringan, pengabuan, dan pemurnian sehingga diperoleh serbuk silika murni. Kandungan silika sabut kelapa hasil isolasi dianalisis secara kuantitatif menggunakan XRF untuk mengetahui kandungan silika dari sabut kelapa dan oksida-oksida lainnya. Tabel 1 menunjukkan silika sabut kelapa dengan kemurnian 61,5% dan 38,5% sisanya berupa senyawa-senyawa oksida yang tidak bisa dihilangkan.

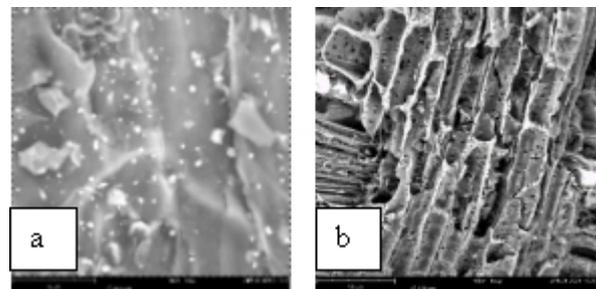
Tabel 1 Hasil analisis kuantitatif silika sabut kelapa menggunakan XRF

No	Senyawa	Persentase Berat	Unsur	Persentase Berat
1	SiO <sub>2</sub>	61,5	Si	36,9
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,534	Al	0,387
3	K <sub>2</sub> O	4,33	K	4,60
4	MgO	0,606	Mg	0,482
5	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,18	Fe	1,89
6	MnO	0,0606	Mn	0,0570
7	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,117	P	0,0685
8	Cl	0,0148	Cl	0,0148
9	CuO	0,0311	Cu	0,0302
10	SO <sub>3</sub>	0,183	S	0,0978
11	TiO <sub>2</sub>	0,0574	Ti	0,0550
12	Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,0124	Co	0,0108
13	NiO	0,106	Ni	0,105

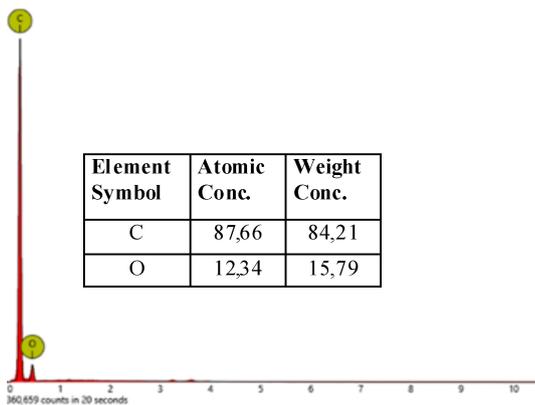
### 3.2 Isolasi Karbon dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon

Karbon yang digunakan dalam sintesis SiC diisolasi dari serbuk gergaji kayu Sengon melalui proses pengarangan serbuk gergaji kayu pada suhu 500 °C tanpa adanya oksigen. Massa serbuk gergaji kayu yang digunakan sebanyak 1.300 g dengan kadar air serbuk gergaji kayu 11,5%. Serbuk arang yang dihasilkan sebanyak 350 g sehingga diperoleh rendemen arang kering sebesar 32,77%. Nilai rendemen tersebut mendekati nilai rendemen arang kering yang dihasilkan dari kayu lembasung yaitu 37,67%<sup>(11)</sup>.

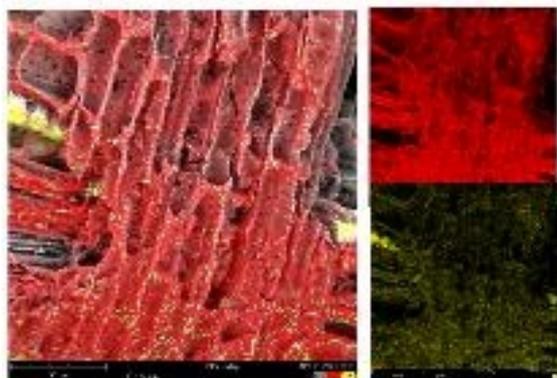
Struktur mikro permukaan arang dianalisis menggunakan SEM. Sedangkan EDS menganalisa jenis unsur material berdasarkan tingkat energi. Sehingga teknik analisis SEM yang digabungkan dengan EDS dapat mengidentifikasi unsur-unsur yang dimiliki oleh fasa yang terlihat pada gambar struktur mikro. Kandungan unsur-unsur tersebut dapat diperoleh secara kualitatif bahkan semikuantitatif. Penampakan morfologi serbuk arang hasil isolasi terlihat homogen dan terdapat pori-pori di permukaannya (Gambar 1). Gambar 1.b merupakan morfologi permukaan arang pada perbesaran 10.000 kali. Hasil analisis menunjukkan permukaan yang halus dan adanya partikel berbentuk *flakes*/sferik yang tidak seragam<sup>(12)</sup>. Analisis EDS pada karbon hasil isolasi dari serbuk gergaji kayu Sengon menunjukkan bahwa konsentrasi atom C adalah 88,98% dengan berat massa 85,84% (Gambar 2). Selain atom C, terdeteksi juga atom O dengan konsentrasi sebesar 11,02% dengan berat massa 14,16%. Sebaran karbon dan oksigen pada permukaan arang hasil isolasi dapat dilihat pada Gambar 3. Karbon dan oksigen tersebar merata di permukaan yang ditandai dengan warna merah untuk karbon dan warna kuning untuk oksigen.



Gambar 1. Morfologi permukaan karbon dari serbuk gergaji kayu Sengon, perbesaran (a) 1.500 kali dan (b) 10.000 kali

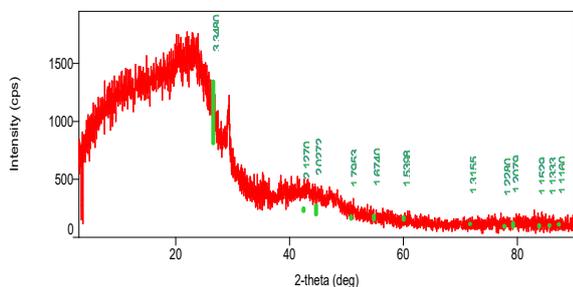


Gambar 2. Kurva EDX serbuk arang



Gambar 3. Sebaran karbon pada permukaan serbuk arang pada perbesaran 1.500 kali

Analisis *X-ray diffraction* (XRD) serbuk arang dari serbuk gergaji kayu Sengon dilakukan dengan sumber sinar-X Cu-Ka1 dengan panjang gelombang 1.540593 Å. Analisis dilakukan dengan sudut 2θ mulai dari 0° sampai dengan 90°. Difraktogram pada Gambar 4 menunjukkan bahwa karbon hasil isolasi dari serbuk gergaji kayu Sengon sebagian besar masih bersifat amorf dalam fasa grafit.

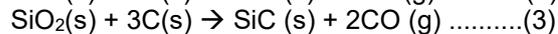
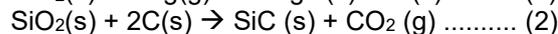


Gambar 4. Pola difraksi untuk karbon serbuk gergaji kayu Sengon

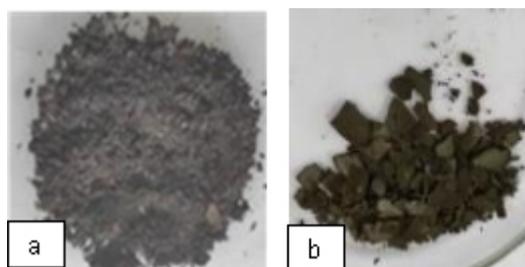
### 3.3 Pembuatan Adsorben SiC

Silikon karbida pada penelitian diperoleh dari hasil reaksi antara silika yang diisolasi dari sabut kelapa dan karbon dari serbuk gergaji kayu

Sengon. Metode yang digunakan yaitu metode reduksi magnesiotermik. Reaksi yang terjadi sebagai berikut<sup>(13)</sup>:



Pembuatan SiC dengan variasi rasio SiO<sub>2</sub>:C 1:3 dan 5:3 menunjukkan ciri fisik yang berbeda. SiC yang diperoleh memiliki ciri warna abu kehijauan dan hijau. Pada rasio SiO<sub>2</sub>:C 1:3 menunjukkan warna abu kehijauan sedangkan rasio SiO<sub>2</sub>:C 5:3 menunjukkan warna hijau (Gambar 5). Warna hijau menandakan adanya kandungan SiC<sup>(14)</sup>.

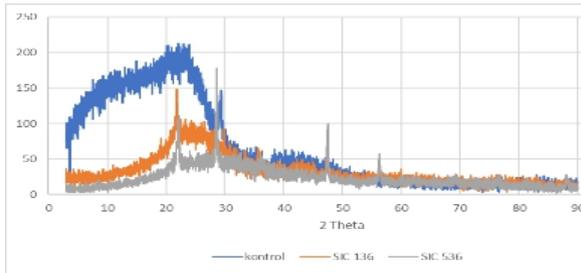


Gambar 5 Adsorben SiC dengan variasi Si: C 1:3 (SiC 136) (a) dan (SiC 536) (b)

Tabel 2. Sudut 2θ dan ukuran kristal SiC 136

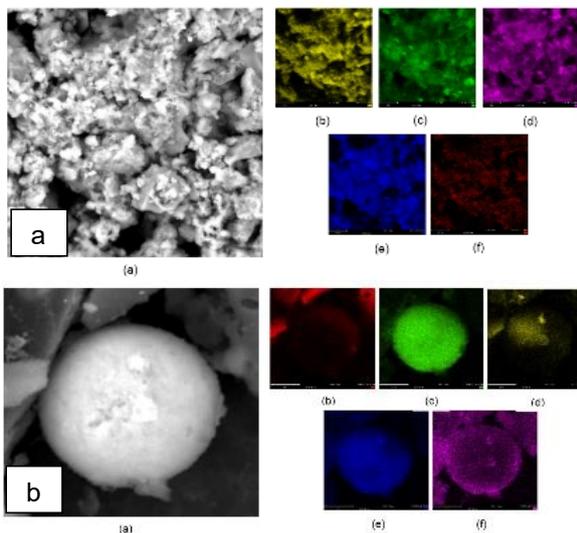
Adsorben	Nomor Puncak	2θ (deg.)	d [Å]	D (nm)
SiC 136	1	21,78	4,081	40,46
	2	28,28	3,156	27,25
	3	47,40	1,918	108,1
	4	56,14	1,638	64,17
SiC 533	1	22,08	4,023	40,48
	2	28,76	3,102	68,13
	3	47,66	1,907	108,2
	4	56,44	1,629	74,88

Terdapat pergeseran puncak difraksi antara rasio SiO<sub>2</sub>:C 1:3 dan 5:3. Ukuran kristal SiC 136 bervariasi pada rentang 27 nm sampai dengan 108 nm. Sedangkan rentang ukuran kristal SiC 536 di antara 40 nm sampai dengan 108 nm. Maka kristal SiC 536 memiliki kisaran ukuran kristal yang lebih besar dibandingkan dengan SiC 136. Selanjutnya pada penentuan fasa SiC dilakukan dengan menggunakan software MATCH. Berdasarkan hasil analisis diketahui bahwa fasa SiC 136 dan SiC 536 ialah silikon karbida Moissanite 3C (3C-SiC atau β-SiC). 3C-SiC dikenal sebagai politipe temperatur rendah<sup>(15)</sup>. Hasil ini sama dengan SiC hasil sintesis silika dari sekam padi<sup>(8)</sup>. Dengan metode yang sama SiC dari silika sekam padi dan silika sabut kelapa memiliki struktur kubik.



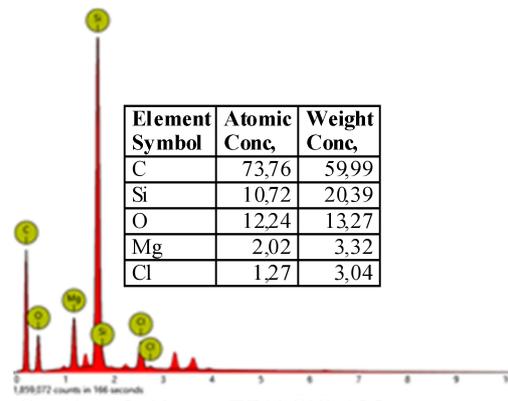
Gambar 6. Pola difraksi SiC 136 dan SiC 536

Hasil analisis menggunakan SEM ditunjukkan pada Gambar 7. Adanya perbedaan morfologi antara SiC 136 dan 536 yaitu pada permukaan SiC 136 silikon berkumpul membentuk suatu bulatan yang dikelilingi oleh karbon dan juga terindikasi adanya karbon yang belum bereaksi. Sedangkan pada permukaan SiC 536 silikon dan karbon tersebar merata.

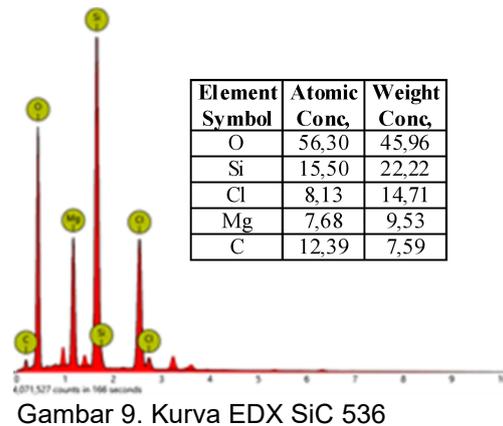


Gambar 7 Morfologi permukaan SiC 136 (A), SiC 536 (B)

Kurva EDX pada Gambar 8 menunjukkan perbandingan atom unsur Si:C = 10,72 : 73,76, hasil tersebut menunjukkan bahwa pada SiC 136 unsur Si lebih sedikit dibandingkan unsur C. Perbandingan unsur Si dan C ini tidak sesuai dengan perhitungan stoikiometri. Hal tersebut disebabkan oleh adanya pengotor-pengotor lain yang terdeteksi seperti Mg, Cl, dan O. Perbandingan atom unsur Si:C pada SiC 536 ialah 15,50:12,39 (Gambar 9), hal ini menunjukkan bahwa unsur Si lebih banyak dibandingkan dengan unsur C. Perbandingan unsur Si dan C ini pun tidak sesuai dengan perhitungan stoikiometri, hal ini mengindikasikan adanya unsur-unsur pengotor sama halnya pada SiC 136.



Gambar 8. Kurva EDX SiC 136



Gambar 9. Kurva EDX SiC 536

### 3.4 Daya Adsorpsi SiC terhadap Amonia

Amonia (NH<sub>3</sub>) merupakan senyawa nitrogen yang mana pada suhu dan tekanan normal berada dalam bentuk gas dan membentuk kesetimbangan dengan amonium. Kesetimbangan antara gas amonia dengan amonium ditunjukkan dalam persamaan reaksi:



Amonia yang terukur di perairan berupa amonia total (NH<sub>3</sub> dan NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Amonia bebas (NH<sub>3</sub>) tidak dapat terionisasi, sedangkan amonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dapat terionisasi. Amonia bebas (NH<sub>3</sub>) yang tidak terionisasi bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas amonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu. Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri ataupun limbah domestik<sup>(16)</sup>. Amonia dijadikan salah satu indikator penyebab bau dalam air limbah industri *nata de coco*.

Pengolahan tersier untuk menghilangkan polutan salah satunya amonia dalam air limbah dapat dilakukan dengan tiga cara antara lain proses oksidasi, filtrasi membran dan adsorpsi. Adsorpsi diketahui merupakan metode yang paling efisien untuk menghilangkan warna, bau,

minyak, dan organik dari air limbah<sup>(17)</sup>. Adsorben yang digunakan dalam penelitian ialah SiC dengan variasi SiO<sub>2</sub>:C 1:3 dan 5:3. Penjerapan amonia oleh permukaan SiC berimplikasi pada potensi penurunan gas amonia dari air limbah artinya adsorben SiC berpotensi mengurangi bau air limbah.

### 3.4.1 Variasi Rasio Adsorben

Variasi adsorben SiO<sub>2</sub>:C yang digunakan adalah 1:3 (SiC 136) dan 5:3 (SiC 536). Tabel 3 menunjukkan bahwa rasio SiO<sub>2</sub>:C yang paling optimum untuk mengadsorpsi amonium adalah 1:3 (SiC 136). SiC 136 menunjukkan amonium teradsorpsi mencapai 45,00% dengan kapasitas adsorpsi 0,47 mg/g (massa adsorben 0,1 g dalam air limbah simulasi 10 mL). Jika dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi kontrol yaitu karbon, nilai kapasitas adsorpsi SiC 136 lebih kecil. Efisiensi adsorpsi amonium oleh kontrol sebesar 63,69 % dengan kapasitas adsorpsi 0,66 mg/g.

Tabel 3. Perbandingan rasio adsorben SiO<sub>2</sub>:C pada adsorpsi amonium

Rasio SiO <sub>2</sub> :C	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qE (mg/L)	% Amonium teradsorpsi
136	10,68	5,87	4,81	45,00
536	10,68	7,60	3,08	28,86
Kontrol	10,68	3,88	6,80	63,69

Keterangan:

Co: Konsentrasi amonia sebelum adsorpsi

Ce: Konsentrasi amonia setelah adsorpsi

qE: Konsentrasi amonia teradsorpsi

### 3.4.2 Variasi Massa Adsorben

Variasi massa adsorben yang digunakan adalah 0,05; 0,1; 0,2; dan 0,3 g. Penentuan massa adsorben bertujuan mengetahui massa adsorben optimum yang dibutuhkan untuk mengadsorpsi amonium secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Tabel 4 menunjukkan bahwa massa adsorben optimum adalah 0,1 g dengan amonium teradsorpsi 41,77%. Pada massa adsorben 0,2 g terjadi penurunan konsentrasi amonium teradsorpsi. Hal ini dimungkinkan karena konsentrasi amonium teradsorpsi pada permukaan SiC lebih besar dibandingkan konsentrasi amonium yang tersisa dalam larutan. Sehingga perbedaan konsentrasi tersebut menyebabkan amonium yang telah terikat terdesorpsi kembali ke fasa larutan. Kondisi optimum adsorpsi tercapai pada massa adsorben 0,1 g dengan konsentrasi amonium teradsorpsi 4,46 mg/L. Pada tahap selanjutnya digunakan massa adsorben 0,1 g.

Tabel 4 Massa adsorben optimum pada adsorpsi amonium

Massa (g)	Co (mg/L)	Ce (mg/L)	qE (mg/L)	% Amonia teradsorpsi
0,0536	10,68	9,62	1,06	9,97
0,1096	10,68	6,22	4,46	41,77
0,2131	10,68	7,07	3,61	33,84
0,3080	10,68	6,66	4,02	37,61

Keterangan:

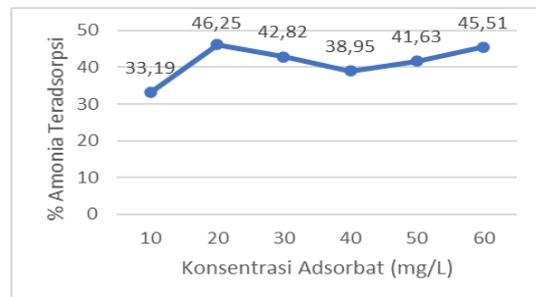
Co: Konsentrasi amonia sebelum adsorpsi

Ce: Konsentrasi amonia setelah adsorpsi

qE: Konsentrasi Amonia teradsorpsi

### 3.4.3 Variasi Konsentrasi Optimum

Variasi konsentrasi air limbah simulasi yang digunakan adalah 10; 20; 30; 40; 50 dan 60 mg/L dengan volume air limbah 10 mL dan kontak proses selama 15 menit. Gambar 10 menunjukkan bahwa konsentrasi NH<sub>4</sub>OH optimum dengan rasio SiO<sub>2</sub>:C 136 (SiC 136), massa adsorben 0,1 g, volume air limbah simulasi 10 mL, kecepatan pengadukan 100 rpm dan waktu kontak 15 menit adalah 20 mg/L dengan % amonium teradsorpsi 46,25%.



Gambar 10 Grafik variasi konsentrasi air limbah simulasi terhadap amonium teradsorpsi

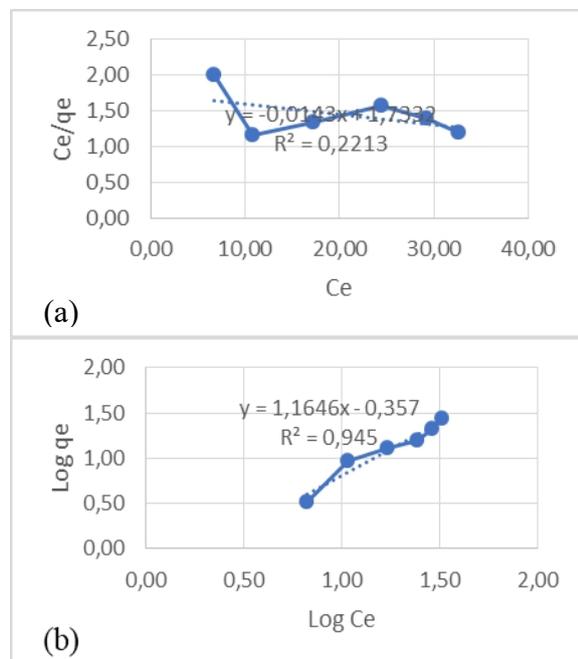
### 3.4.4 Penentuan Pola Isoterm Adsorpsi

Penentuan isoterm dilakukan dengan variasi rasio adsorben SiO<sub>2</sub>:C optimum, massa adsorben optimum, dan konsentrasi limbah simulasi optimum. Isoterm digunakan untuk memprediksi kebutuhan adsorben mencapai nilai konsentrasi tertentu adsorbat<sup>(18)</sup>. Hubungan kesetimbangan antara potensial kimia adsorbat di permukaan adsorben pada suhu tetap disebut isoterm adsorpsi. Tipe isoterm adsorpsi yang dapat digunakan untuk mempelajari karakteristik adsorpsi fase cair-padat adalah persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir.

Tujuan dari penentuan isoterm adalah mengetahui mekanisme adsorpsi dari adsorben SiC dalam mengadsorpsi amonium. Apakah proses adsorpsi cenderung adsorpsi kimia atau

adsorpsi fisika. Setiap adsorben memiliki pola isoterm adsorpsi berbeda-beda karena proses adsorpsi dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain ukuran molekul adsorbat, kepolaran zat adsorbat, suhu, ukuran adsorben, kemurnian adsorben, pH, dan waktu kontak<sup>(19)</sup>. Gambar 11 menyajikan penentuan adsorpsi kimia atau fisika berdasarkan isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich.

Gambar 11.(a) menunjukkan isoterm Langmuir dengan nilai  $R^2 = 0,2213$ . Sedangkan Gambar 11.(b) menunjukkan isoterm Freundlich dengan nilai  $R^2 = 0,9450$ . Berdasarkan data koefisien korelasi ( $R^2$ ) tersebut dapat diketahui bahwa adsorpsi amonium oleh SiC lebih mengikuti model Freundlich dari pada Langmuir karena pada pola isoterm Freundlich menunjukkan  $R^2$  mendekati 1.



Gambar 11 Grafik pola isoterm Langmuir (a) Pola isoterm Freundlich (b) dalam adsorpsi amonium

Pada Isoterm Freundlich, adsorpsi amonium oleh adsorben SiC terjadi secara fisik dan membentuk lebih dari satu lapisan (*multilayer*), sebuah proses di mana jumlah zat terlarut yang diadsorpsi per unit adsorben massa meningkat secara bertahap<sup>(20)</sup> dan permukaan adsorben bersifat heterogen. Pada adsorpsi fisik adsorbat tidak terikat kuat pada permukaan adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke permukaan yang lain, dan pada permukaan yang ditinggalkan oleh adsorbat dapat digantikan oleh adsorbat yang lainnya. Adsorpsi fisik ini terjadi karena adanya gaya Van Der Waals yaitu gaya tarik menarik

yang lemah antara adsorbat dengan permukaan adsorben.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan silika dari sabut kelapa dan karbon serbuk gergaji kayu Sengon dapat dijadikan *raw material* dalam pembuatan adsorben SiC. Adsorben SiC 136 dan SiC 536 memiliki fasa 3C-SiC (struktur kubik) dengan morfologi permukaan berpori sehingga SiC dapat diaplikasikan sebagai adsorben. Adsorben SiC 136 memberikan adsorpsi optimum terhadap penurunan konsentrasi amonium sebesar 45% di mana amonium merupakan salah satu parameter sumber bau pada air limbah. Proses adsorpsi amonium oleh SiC 136 lebih mengikuti pola isoterm Freundlich yang berarti proses adsorpsi berlangsung secara fisika.

#### PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi/BRIN sebagai pemberi beasiswa yaitu beasiswa Saintek, serta terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini. Semua penulis makalah ini adalah sebagai kontributor utama publikasi.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Calle, F., Rosillo, P. Groot, S. L. Hemstock, & Wood. (2012). *The Biomass Assessment Handbook: Bioenergy for a Sustainable Environment*, London: Earthscan.
2. Badan Pusat Statistik [BPS]. (2020). *Produksi Kelapa Menurut Provinsi di Indonesia: Direktorat Jenderal Perkebunan*.
3. Amin, S. (2009). *Cocopreneurship. Aneka Peluang Bisnis dari Kelapa*. Yogyakarta: Lily Publisher.
4. Nuswantara, L.K., Sunarso, Arifin, M. dan Setiadi, A. (2020). *Komponen serat sabut kelapa yang difermentasi menggunakan mikroba pencerna serat dari rumen kerbau*. *Jurnal Agripet*. 20(1), 1-8.
5. Anuar, M.F., Fena Y.W., Zaida M.H.M., Matoria K.A., Khaidir R.E.M. (2018). *Synthesis and structural properties of coconut husk as potential silica source*. *Results in Physics*. 11, 1-4.
6. Badan Pusat Statistik [BPS]. (2013). *Produksi Serbuk Gergaji Kayu di Indonesia: Direktorat*.
7. Guo, X., Zhu, L., Li, W., Yang, H. 2013. *Preparation of SiC powders by carbothermal*

- reduction with bamboo charcoal as renewable carbon source. *Journal of Advanced Ceramics*. 2, 128-134.
8. Sulaeman, A.S., Sugianto, Maddu, A. (2019). Sintesis dan Karakterisasi Silicon Carbide (SiC) dari Sekam Padi Menggunakan Metode Reduksi Magnesiotermik. *Jurnal Fisika Flux*, Edisi Khusus 1(1), 47-53.
  9. Hakimi, Rini dan Budiman, D. (2006). Aplikasi Produksi Bersih (Cleaner Production) pada Industri Nata De Coco. *Jurnal Teknik Mesin*. 3 (2), 90-98.
  10. Pambayun, R. (2002). *Teknologi Pengolahan Nata De Coco*, Yogyakarta: Kanisius.
  11. Suparman. (2010). Sintesis Silikon Karbida (SiC) dari Silika Sekam Padi dan Karbon Kayu dengan Metode Reaksi Fasa Padat. Tesis, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
  12. Rampe, M.J., Setiaji, B., Trisunaryanti, W. & Triyono. (2010). The Effect of Temperature on the Crystal Growth of Coconut Shell Carbon, Proceeding, The third International Conference.
  13. Sadique, S.E. (2010). Production and Purification of Silicon by Magnesiothermic Reduction of Silica Fume. Thesis, Department of Material Science and Engineering, University of Toronto.
  14. Su, J., Gao, B., Chen, Z., Fu, J., An, W., Peng, X., Zhang, X., Wang, L., Huo, K., & Chu, P.K. (2016). Large-Scale Synthesis and Mechanism of  $\beta$ -SiC Nanoparticles from Rice Husks by Low-Temperature Magnesiothermic Reduction. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 4(12), 6600–6607.
  15. Kriener, M., Muranaka, T., Kato, T., Ren, Z.A., Akimitsu, J. and Maeno, Y. (2008). Superconductivity in heavily boron-doped silicon carbide. *Science and Technology of Advanced Materials*. 9.10.1088/1468-6996/9/4/044205.
  16. Said, N.I. dan Sya'bani, M.R. (2014). Penghilangan Amoniak di Dalam Air Limbah Domestik dengan Proses *Moving Bed Biofilm Reactor* (MBBR). *JAI*, 7(1).
  17. Murti, R.S., Purwanti, C.M.H., Suyatini. (2013). Adsorpsi Amonia dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Abu Terbang Bagas. *Majalah Kulit, Karet dan Plastik*. 29, 85-90.
  18. Alaerts G., & Santika, S.S. 1984. *Metode Penelitian Air*. Usaha Nasional. Surabaya, Indonesia.
  19. Wijayanti, I.E., Kurniawati, E.A. 2019. Studi Kinetika Adsorpsi Isoterm Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Abu Gosok Sebagai Adsorben. *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*. 4 (2).
  20. Chung, H.K., Kim, W.H., Park, J., Cho, Jinwoo., Jeong, T.Y., & Park, P.K., (2015). Application of Langmuir and Freundlich Isotherms to Predict Adsorbate Removal Efficiency or Required Amount of Adsorbent. *Korea: Journal of Environmental Engineering*, Yonsei University.