



Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi

Khalimatus Sa'diyah, Cucuk Evi Lusiani*

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

*Email: lusiani1891@polinema.ac.id

ABSTRAK

Buah pisang adalah sumber pangan yang banyak dikonsumsi karena memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi. Bagian lain dari buah pisang yaitu bagian kulit dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif karena mengandung selulosa sebesar 14,4%. Karbon aktif dari kulit pisang khususnya Pisang Kepok (*Musa acuminata L.*) dapat digunakan sebagai zat penyerap bahan pencemar dan logam berat dari limbah industri. Pemanfaatan kulit pisang sebagai karbon aktif ini diharapkan dapat menjadi alternatif dari solusi pengolahan limbah padat organik sebagai zat penyerap logam berat dari limbah industri. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif dengan bahan baku kulit Pisang Kepok setelah diaktifkan menggunakan larutan basa dan asam. Karbon aktif dibuat dari kulit Pisang Kepok yang diaktifasi menggunakan aktivator basa kuat (NaOH) dan asam kuat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 0,5 dan 1 N selama waktu aktivasi 1, 3, dan 5 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aktivator basa menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi aktivator 0,5 N selama waktu aktivasi 1 jam dapat menghasilkan karbon aktif dengan karakteristik yang sesuai dengan SII No. 0258-88. Karbon aktif yang dihasilkan dari kulit Pisang Kepok pada kondisi tersebut mampu menurunkan kandungan logam Nikel pada larutan $NiSO_4$ sampai 100%. Karbon aktif yang dihasilkan pada konsentrasi rendah dan waktu aktivasi yang singkat dapat mengurangi biaya produksi.

Kata kunci: aktivator, karbon aktif, kulit pisang, limbah.

ABSTRACT

Because of their high carbohydrate content, bananas are a popular food source. The skin of a banana can be used as activated carbon because it contains 14.4 percent cellulose. Activated carbon from banana peels, specifically Pisang Kepok (*Musa acuminata L.*), can be used as an adsorbent for pollutants and heavy metals emitted by industrial waste. The use of banana peels as activated carbon as a heavy metal absorbent from industrial waste is expected to be an alternative solution for treating organic solid waste. The purpose of this research is to ensure that the quality of activated carbon made from banana (*Musa acuminata L.*) peel after it's been activated with alkaline and acid solutions. Activated carbon is generated from banana (*Musa acuminata L.*) peel that has been activated with 0.5 and 1 N concentrations of strong base activator (NaOH) and strong acid activator (H_2SO_4) over activation times of 1, 3, and 5 hours. The results indicate that an alkaline activator using NaOH solution with an activator concentration of 0.5 N for 1 hour can produce activated carbon with SII No. 0258-88-compliant properties. Under these conditions, activated carbon derived from banana (*Musa acuminata L.*) peel was able to reduce the nickel concentration in the $NiSO_4$ solution by up to 100%. Using activated carbon with low concentrations and short activation durations can minimize costs of production.

Keywords: activator, activated carbon, banana peel, wastewater.

1. PENDAHULUAN

Pisang merupakan salah satu hasil perkebunan Indonesia yang setiap tahunnya dihasilkan dalam jumlah banyak. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik

dan Direktorat Jendral Holtikultura, produksi pisang di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 7,28 juta ton [1]. Sejauh ini, pemanfaatan buah pisang adalah sebagai penyedia pangan karena memiliki



kandungan karbohidrat yang tinggi. Bagian lain dari buah pisang yang juga dapat dimanfaatkan adalah bagian kulit yang mengandung selulosa sebesar 14,4%.

Beberapa tahun terakhir, kulit pisang banyak diteliti untuk digunakan sebagai bahan penyerap (karbon aktif). Karbon aktif merupakan adsorben yang mampu menyerap logam berat 3.22 kali lebih besar dari pada *silica gel* [2]. Prayitno, dkk. [3] melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit pisang menjadi karbon aktif untuk pengolahan air sumur kota Banjarbaru yang mengandung logam. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa aktivasi kimia dapat memengaruhi karakteristik dari karbon aktif yang dihasilkan, salah satunya adalah daya adsorpsi yang lebih optimum. Selain itu, kandungan logam pada karbon aktif yang telah mengalami aktivasi kimia menjadi lebih rendah dibandingkan dengan karbon aktif tanpa dilakukan aktivasi [4].

Karbon aktif yang telah diaktivasi dapat digunakan sebagai adsorben dari logam berat yang ada di perairan. Salah satu logam berat yang sering mencemari perairan adalah Nikel (Ni). Batas aman kandungan Nikel yang diizinkan dibuang ke lingkungan adalah 1 mg/L. Banyak industri masih menghasilkan limbah dengan kandungan Nikel yang tinggi, diantaranya adalah industri elektroplating. Saat ini, industri tersebut berkembang pesat sehingga menyebabkan limbah Nikel yang dihasilkan juga meningkat [5]. Berdasarkan permasalahan lingkungan tersebut, dapat dibuat karbon aktif dari kulit Pisang Kepok sebagai adsorben dari logam berat seperti Nikel yang mencemari perairan.

Karbon aktif dari kulit Pisang Kepok memiliki sifat fisika-kimia yang baik dan efektif untuk menghilangkan berbagai macam polutan limbah organik dan anorganik, termasuk pewarna organik, senyawa fenolik, pestisida, dan logam berat. Berbagai penelitian tentang karbon aktif dari kulit Pisang Kepok terus dikembangkan untuk mendapatkan hasil karbon aktif yang

memiliki kualitas baik dengan biaya produksi yang minimal [6].

Wardani, dkk. [7] melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit Pisang Kepok sebagai karbon aktif yang diaktivasi menggunakan asam sulfat. Hasil dari penelitian tersebut adalah karbon aktif yang dihasilkan memenuhi Standar Industri Indonesia (SII) No. 0258-88 tentang kualitas karbon aktif dengan nilai kadar air sebesar 2 – 13%, kadar abu sebesar 2 – 8%, *volatile matter* sebesar 9 – 17%, *fixed carbon* sebesar 55 - 84% dan daya adsorpsi terhadap Iodin sebesar 914 mg/g. Karbon aktif dari kulit pisang juga diteliti oleh Wardani dan Wulandari (2018) untuk mengurangi kadar Timbal (II) pada larutan $Pb(NO_3)_2$. Aktivator yang digunakan dalam penelitian tersebut diaktivasi menggunakan asam nitrat. Karbon aktif yang dihasilkan dalam penelitian tersebut mampu menyerap Timbal (II) pada larutan $Pb(NO_3)_2$ sebesar 41,78% [8]. Selain Timbal (II), karbon aktif dari kulit Pisang Kepok yang sudah diaktivasi juga mampu menurunkan kadar Tembaga (Cu) pada limbah elektroplating dengan persen penyisihan tertinggi yaitu sebesar 81,78% [9], dan juga mampu menghilangkan pewarna dalam limbah tekstil sebesar 14,12% [10].

Proses aktivasi karbon aktif dari kulit pisang juga dapat dilakukan menggunakan larutan basa. Nasir, dkk. [11] melakukan penelitian tentang penggunaan karbon aktif kulit pisang untuk menurunkan angka peroksida dan asam lemak bebas setelah proses aktivasi menggunakan NaOH. Komposisi terbaik dari karbon aktif yang mampu menurunkan angka peroksida dan asam lemak bebas minyak goreng bekas adalah 10 % dengan konsentrasi NaOH 1 N. Penelitian lain yang juga melaporkan bahwa karbon aktif dapat diaktivasi dengan aktivator kimia (larutan asam dan basa) telah dilakukan oleh Sa'diyah, dkk. [12]. Penelitian tersebut melaporkan bahwa karbon aktif dari kulit Pisang Kepok yang telah diaktivasi basa (larutan NaOH) pada konsentrasi 2 N selama 5 jam memiliki nilai kadar air, abu, dan *volatile matter* yang lebih tinggi

dibandingkan karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator asam (H_2SO_4).

Beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menghasilkan kualitas karbon aktif yang sesuai SII No. 0258-88 diantaranya, yaitu waktu dan suhu karbonasi, ukuran bahan (karbon), waktu aktivasi, jenis dan rasio aktivator, dan konsentrasi aktivator. Waktu dan suhu karbonasi menjadi faktor yang perlu diperhatikan agar proses pemanasan tidak menghasilkan abu. Selain itu, pemilihan jenis aktivator kimia (basa dan asam) serta konsentrasi dari aktivator yang digunakan juga dapat memengaruhi karakteristik dari karbon aktif yang dihasilkan.

Oleh karena itu, berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan maka penelitian lebih lanjut tentang pengaruh dari pemilihan jenis aktivator dengan variasi konsentrasi dan waktu aktivasi pada pembuatan karbon aktif dari kulit Pisang Kepok perlu dilakukan. Pembuatan karbon aktif dari kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata L.*) dengan aktivator basa dan asam pada berbagai waktu aktivasi dilakukan untuk mengetahui kualitas dari karbon aktif dengan bahan baku kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata L.*) setelah diaktifkan menggunakan larutan basa atau asam. Jenis aktivator kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan NaOH dan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0,5 N dan 1 N selama 1, 3, dan 5 jam. Analisis karbon aktif yang dilakukan adalah uji kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, kadar *fixed carbon*, dan daya serap iodin untuk dihasilkan kualitas karbon aktif yang sesuai SII No. 0258-88.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan tahap dan bahan yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Sa'diyah, dkk. [12]. Tahapan proses yang dilakukan terdiri dari: tahap *pre-treatment* bahan baku, karbonisasi, aktivasi, dan analisis karbon aktif yang dihasilkan.

2.1. TAHAP *PRE-TREATMENT* BAHAN BAKU

Tahap *pre-treatment* bahan baku dilakukan dengan cara menjemur kulit Pisang Kepok yang diperoleh dari pasar Turen di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air yang terkandung dalam kulit pisang. Kadar air dalam kulit pisang dapat menghambat proses karbonisasi. Selanjutnya, kulit Pisang Kepok yang telah dijemur dipotong dengan ukuran ± 2 cm agar dapat memperluas area permukaan dan mempercepat proses karbonisasi.

2.2. TAHAP KARBONISASI

Tahap karbonisasi pada kulit pisang kering yang telah diseragamkan ukurannya dilakukan menggunakan *furnace* pada suhu $400^\circ C$ selama 1,5 jam.

2.3. TAHAP AKTIVASI KARBON

Setelah proses karbonisasi, hasil karbon diaktivasi menggunakan aktivator basa dan asam. Aktivator basa yang digunakan adalah larutan NaOH dan aktivator asam yang digunakan adalah larutan H_2SO_4 . Aktivasi dilakukan dengan melarutkan 80 g karbon di dalam 1000 ml aktivator dengan variasi konsentrasi 0,5 N atau 1 N selama 1 jam, 3 jam dan 5 jam. Setelah itu, karbon disaring menggunakan pompa vakum dan dicuci menggunakan aquadest hingga pH netral. Karbon dikeringkan di dalam oven pada suhu $110^\circ C$ selama 24 jam dan selanjutnya dianalisis.

2.4. TAHAP ANALISIS

Analisis karbon aktif yang dilakukan dalam penelitian ini adalah uji kadar air, kadar abu, kadar *volatile matter*, kadar *fixed carbon*, daya serap iodin, dan penurunan kadar Nikel.

2.4.1. UJI KADAR AIR

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kadar air pada karbon aktif dengan mengacu pada SNI 1965:2019. Persamaan untuk menghitung kadar air pada karbon aktif dapat dilihat pada Persamaan (1).

$$\text{kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} * 100\% \quad \dots (1)$$

Dimana m_1 adalah massa cawan kosong (g); m_2 adalah massa cawan dan sampel sebelum dimasukkan ke dalam oven (g); dan m_3 adalah massa cawan dan sampel setelah dari oven (g).

2.4.2. UJI KADAR ABU

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kadar abu pada karbon aktif yang mengacu pada SNI 3478:2010 dengan perhitungan yang dapat dilihat pada Persamaan (2).

$$\text{kadar abu (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100\% \quad \dots (2)$$

Dimana m_1 adalah massa cawan kosong (g); m_2 adalah massa cawan dan sampel sebelum dimasukkan ke dalam *furnace* (g); dan m_3 adalah massa cawan dan sampel setelah dari *furnace* (g) [12].

2.4.3. UJI KADAR VOLATILE MATTER

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kadar *volatile matter* pada karbon aktif yang mengacu pada ISO 562-2010. Perhitungan untuk kadar *volatile matter* dapat dilihat pada Persamaan (3).

$$\text{kadar volatile matter (\%)} = \frac{(m_2 - m_1) - m_3 - m_1}{m_2 - m_1} * 100\% \quad \dots (3)$$

Dimana m_1 adalah massa cawan kosong (g); m_2 adalah massa cawan dan sampel sebelum dimasukkan ke dalam *furnace* (g); dan m_3 adalah massa cawan dan sampel setelah dari *furnace* (g) [12].

2.4.4. UJI KADAR FIXED CARBON

Uji ini dilakukan untuk mengetahui kadar *fixed carbon* dengan mengacu pada ASTM D 3172-89 R02. Persamaan untuk menghitung kadar *fixed carbon* pada karbon aktif dapat dilihat pada Persamaan (4).

$$\text{Kadar fixed carbon (\%)} = 100\% - (\text{kadar air} + \text{kadar abu} + \text{kadar volatile matter}) \quad \dots (4)$$

2.4.5. UJI DAYA SERAP IODIN

Uji ini dilakukan untuk mengetahui daya serap karbon aktif terhadap Iodin dapat dilihat pada Persamaan (5).

$$\text{Daya serap Iodin (\%)} = \frac{(V_1 N_1 - V_2 N_2) * BA_{\text{Iodin}} * V_{\text{Iodin}}}{b_{\text{karbon aktif}} * 1000 * V_{\text{sampel}}} \quad \dots (5)$$

Dimana V_1 adalah volume larutan Iodin yang dianalisis (ml); V_2 adalah volume larutan $\text{Na}_2 \text{S}_2\text{O}_3$ yang diperlukan (ml); N_1 adalah normalitas larutan Iodin (N); N_2 adalah normalitas larutan $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (N); BA_{Iodin} adalah berat atom Iodin (g/gmol); $b_{\text{karbon aktif}}$ adalah berat dari karbon aktif (g); dan V_{sampel} adalah volume dari larutan sampel (ml) [12].

2.4.6. UJI PENURUNAN KADAR NIKEL

Uji ini dilakukan untuk mengetahui penurunan kadar Nikel pada limbah buatan yang mengandung logam Nikel. Aplikasi dalam penurunan kadar Nikel dilakukan menggunakan larutan NiSO_4 yang mengandung kadar Nikel 1,348 mg/L. Larutan NiSO_4 dimasukkan ke dalam *beaker glass* sebanyak 100 ml dan ditambahkan karbon aktif sebanyak 10 % massa/volume larutan NiSO_4 . Selanjutnya, campuran tersebut diaduk hingga homogen lalu diendapkan selama 1,5 jam. Cairan yang jernih dan endapan dipisahkan kemudian dianalisis kadar Nikel yang tersisa. Analisis kadar Nikel dilakukan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) di Perum Jasa Tirta I, Malang. Persamaan untuk menghitung penurunan kadar Nikel pada limbah buatan dengan adanya karbon aktif dari kulit Pisang Kepok dapat dilihat pada persamaan (6).

$$\text{Penurunan kadar Nikel (\%)} = \frac{(\text{kadar Nikel awal} - \text{kadar Nikel akhir})}{\text{kadar Nikel awal}} * 100\% \quad \dots (6)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

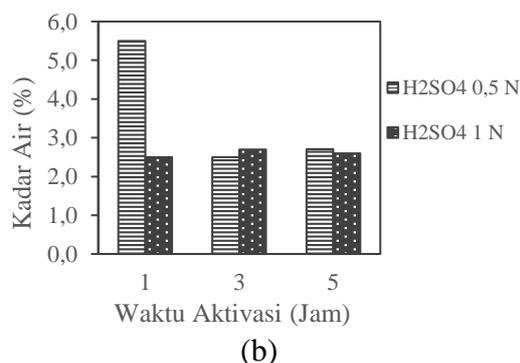
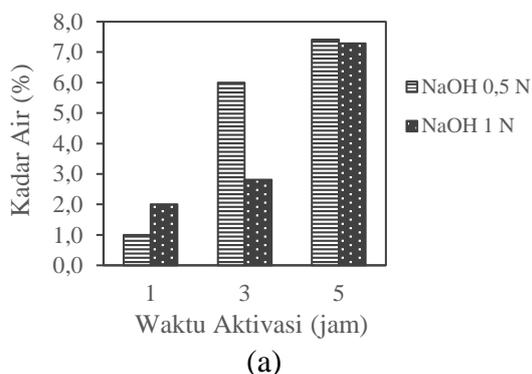
Karbon aktif yang dihasilkan dari kulit Pisang Kepok yang telah diaktivasi menggunakan larutan NaOH dan asam sulfat (H_2SO_4) pada penelitian ini dibandingkan dengan standar mutu karbon aktif (SII No. 0258-88) seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat Mutu Karbon Aktif (SII No. 0258-88) [8,9]

Jenis Uji	Nilai
- Kadar air	Maks. 15%
- Kadar abu	Maks. 10%
- Kadar <i>volatile matter</i>	Maks. 25%
- Kadar <i>fixed carbon</i>	Min. 65%
- Daya serap terhadap Iodin	75%

3.1. HASIL UJI KADAR AIR

Hasil uji kadar air pada karbon aktif dari kulit Pisang Kepok yang telah diaktivasi menggunakan larutan NaOH dan H₂SO₄ dengan konsentrasi 0,5 N dan 1 N selama 1, 3, dan 5 jam dapat dilihat pada Gambar 1(a) dan 1(b).



Gambar 1. Pengaruh kadar air terhadap waktu aktivasi kimia dengan berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

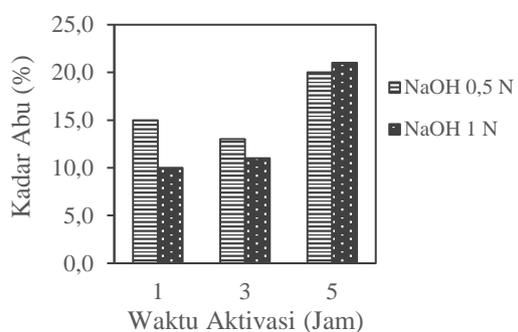
Gambar 1 (a) dan (b) menunjukkan bahwa kadar air pada karbon aktif yang dihasilkan pada penelitian ini sesuai dengan standar mutu dari SII No. 0258-88 yaitu di bawah 10%. Kadar air tertinggi adalah 7,4% terjadi pada karbon aktif dengan aktivator NaOH

0,5 N selama waktu aktivasi 5 jam, sedangkan kadar air terendah yaitu 1,0% terjadi pada karbon aktif dengan aktivator NaOH 0,5 N selama waktu aktivasi 1 jam. Pada keadaan basa kuat (NaOH), kadar air yang diperoleh semakin meningkat. Sedangkan untuk aktivasi kimia dengan asam kuat (H₂SO₄), kadar air semakin menurun dengan semakin tingginya konsentrasi larutan asam [13]. Aktivasi secara kimia menyebabkan penurunan kadar air akibat sifat higroskopis dari aktivator [14]. Molekul air yang ada pada karbon aktif mengikat aktivator sehingga menyebabkan pori-pori pada karbon aktif semakin besar. Dengan demikian, luas permukaan dari karbon aktif semakin bertambah yang menyebabkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif juga semakin meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas dari karbon aktif semakin baik [15]. Oleh karena itu, dapat diketahui bahwa pada aktivator NaOH, semakin tinggi konsentrasi aktivator maka daya serap air pada karbon aktif semakin kecil. Sebaliknya pada aktivator H₂SO₄, daya serap air pada karbon aktif berbanding lurus dengan konsentrasi aktivator.

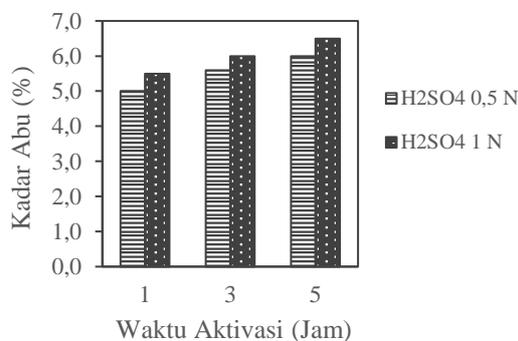
Menurut Winoto, dkk. [16] semakin tinggi konsentrasi aktivator menghasilkan karbon aktif dengan kadar air yang lebih rendah. Pada aktivasi kimia, zat-zat pengotor yang berupa oksida logam seperti FeO, MgO, dan ZnO dan kandungan air di dalam karbon aktif akan diikat oleh zat aktivator, sehingga pori karbon aktif akan terbuka dan kadar air yang terkandung di dalam karbon aktif dapat berkurang. Konsentrasi aktivator juga memberikan pengaruh pada proses aktivasi, yaitu semakin tinggi konsentrasi aktivator, semakin besar pengaruh karbon aktif dalam mengikat senyawa-senyawa tar yang keluar melewati rongga atau pori-pori karbon aktif sehingga luas permukaan pori semakin besar. Bertambahnya luas permukaan tersebut mengakibatkan kemampuan adsorpsi dari karbon aktif semakin meningkat. Hal ini menunjukkan kualitas karbon aktif semakin baik [17].

3.2. HASIL UJI KADAR ABU

Kualitas karbon aktif juga dapat dilihat dari nilai kadar abu yang terdapat pada karbon aktif tersebut. Abu yang dihasilkan dapat mengurangi daya adsorpsi dari karbon aktif. Hal ini dikarenakan pori-pori dari karbon aktif terisi oleh mineral logam seperti magnesium, kalsium, dan kalium [18]. Keberadaan abu yang berlebihan dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada pori-pori karbon aktif, sehingga luas permukaan karbon aktif menjadi berkurang [15]. Hasil uji kadar abu pada karbon aktif dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2(a) dan 2(b).



(a)



(b)

Gambar 2. Pengaruh kadar abu terhadap waktu aktivasi kimia dengan berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

Nilai kadar abu pada karbon aktif dalam penelitian ini yang sesuai dengan standar mutu SII No. 0258-88 adalah karbon aktif yang diaktivasi dengan larutan H_2SO_4 (<10%). Berdasarkan Gambar 2 (a) dan (b) dapat diketahui bahwa kadar abu dari karbon aktif dengan aktivator larutan NaOH adalah 10 – 21% sedangkan kadar abu dari karbon aktif dengan aktivator larutan H_2SO_4 adalah

5,0 - 6,5%. Menurut Sa'diyah, dkk. [12], karbon aktif yang telah diaktivasi basa (NaOH) pada konsentrasi 2 N selama 5 jam memiliki nilai kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan karbon aktif yang diaktivasi dengan aktivator asam (asam sulfat).

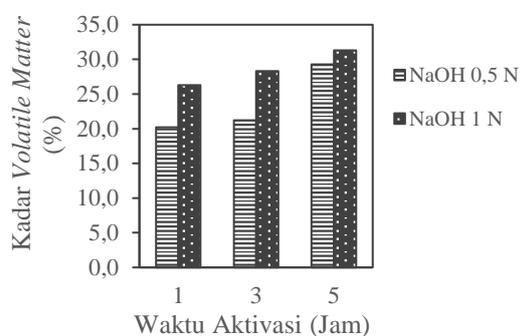
Kadar abu terendah (5,0%) dihasilkan pada aktivator larutan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0,5 N selama waktu aktivasi 1 jam, sedangkan kadar abu tertinggi (21%) dihasilkan pada aktivator larutan NaOH dengan konsentrasi 1 N selama waktu aktivasi 5 jam. Kadar abu yang tinggi dapat terjadi karena terbentuknya garam mineral pada saat proses karbonisasi yang disebabkan karena adanya kandungan bahan mineral yang terdapat pada bahan awal dari pembuatan karbon aktif [19]. Faktor lain yang menyebabkan tingginya kadar abu dalam karbon aktif adalah lamanya waktu aktivasi. Semakin lama waktu aktivasi menyebabkan kadar abu yang menutupi pori-pori semakin terbuka sehingga luas permukaan dari karbon aktif semakin besar [20].

3.3. HASIL UJI KADAR VOLATILE MATTER

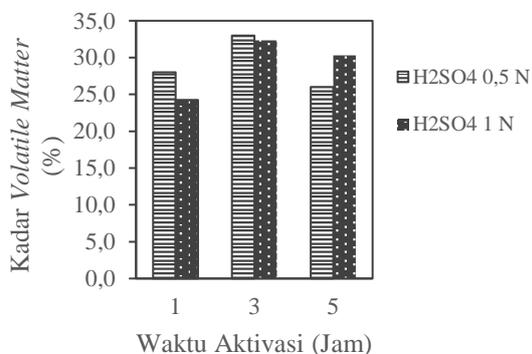
Perhitungan kadar *volatile matter* merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam menghasilkan karbon aktif sesuai standar mutu yang diijinkan. Hasil dari uji kadar *volatile matter* pada karbon aktif pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3(a) dan 3(b).

Gambar 3 (a) dan (b) menunjukkan bahwa kadar *volatile matter* pada karbon aktif yang sesuai dengan SII No. 0258-88 (di bawah 25%) adalah karbon aktif dengan aktivator larutan NaOH pada konsentrasi 0,5 N selama waktu aktivasi 1 dan 3 jam serta karbon aktif dengan aktivator larutan H_2SO_4 pada konsentrasi 1 N selama waktu aktivasi 1 jam. Menurut Surest, dkk. [21], tingginya kadar *volatile matter* pada karbon aktif disebabkan karena penguraian tidak sempurna dari senyawa non-karbon seperti, CO_2 , CO dan H_2 . Pada proses pirolisis biomassa menghasilkan 35% gas yang

tersusun dari lebih 200 produk. Gas tersebut sebagian bisa terkondensasi (uap) dan tidak terkondensasi (gas primer). Komponen utama biomassa yang akan terurai menjadi *volatile matter* diantaranya gas CO_2 , CO , H_2O , H_2 , dan gas hidrokarbon. Semakin banyak senyawa non-karbon yang menutupi pori-pori karbon aktif maka daya serap karbon aktif semakin kecil sehingga luas permukaan karbon aktif juga semakin kecil [22]. Lamanya waktu aktivasi dapat menyebabkan karbon terkikis dan terbuang saat pencucian. Kadar *volatile matter* akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya waktu aktivasi [23].



(a)



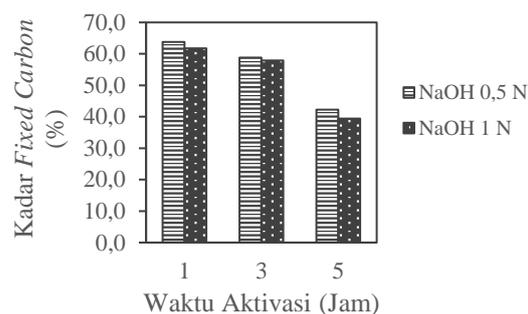
(b)

Gambar 3. Pengaruh kadar *volatile matter* terhadap waktu aktivasi dengan berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

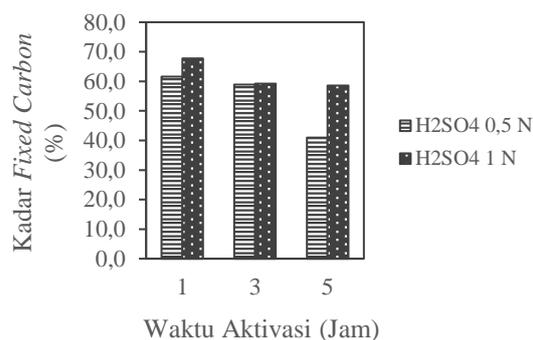
3.4. HASIL UJI KADAR FIXED CARBON

Hasil uji kadar *fixed carbon* pada karbon aktif dari kulit Pisang Kepok yang telah diaktivasi menggunakan larutan NaOH dan H_2SO_4 dengan konsentrasi 0,5 N dan 1 N

selama 1, 3, dan 5 jam dapat dilihat pada Gambar 4(a) dan 4(b).



(a)



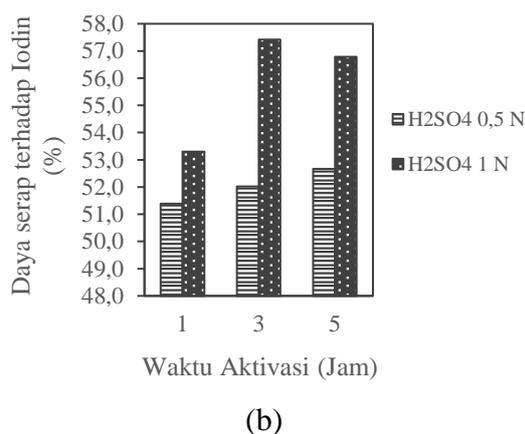
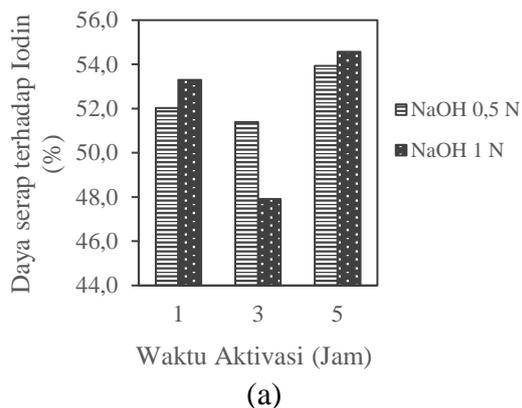
(b)

Gambar 4. Pengaruh kadar *fixed carbon* terhadap waktu aktivasi dengan berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

Gambar 4 (a) dan (b) menunjukkan bahwa kadar *fixed carbon* pada karbon aktif dengan larutan aktivator NaOH dan H_2SO_4 berada pada nilai yang sesuai dengan standar mutu karbon aktif yaitu 65%. Kandungan *fixed carbon* pada karbon aktif dipengaruhi oleh kandungan selulosa dan lignin yang berubah menjadi karbon [24]. Nilai dari kadar *fixed carbon* semakin meningkat seiring dengan semakin besarnya konsentrasi dari aktivator yang digunakan. Sebaliknya, semakin lama waktu aktivasi maka kadar *fixed carbon* menurun. Kandungan *fixed carbon* yang kecil dapat memengaruhi daya serap dari karbon aktif karena senyawa organik menutupi permukaan karbon untuk proses adsorpsi [16].

3.5. HASIL UJI DAYA SERAP KARBON AKTIF TERHADAP IODIN

Uji daya serap karbon aktif terhadap Iodin menunjukkan kemampuan karbon aktif untuk menyerap komponen yang memiliki berat molekul rendah. Hasil dari uji daya serap karbon aktif terhadap Iodin dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5(a) dan 5(b).



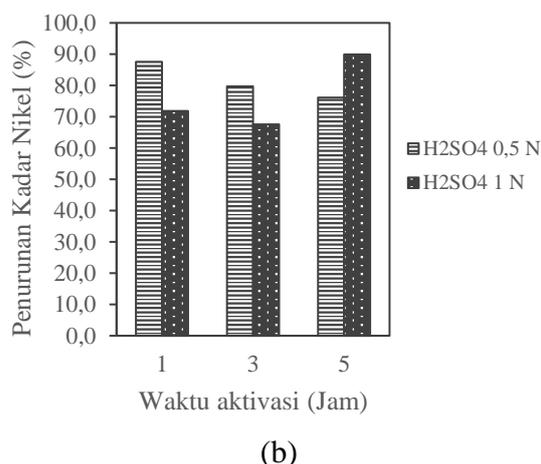
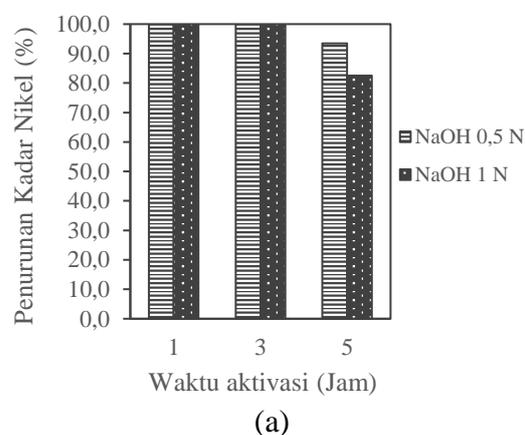
Gambar 5. Pengaruh daya serap karbon aktif terhadap Iodin dengan variasi waktu aktivasi pada berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

Gambar 5 (a) dan (b) menunjukkan bahwa daya serap karbon aktif terhadap Iodin yang diaktivasi larutan NaOH dan H₂SO₄ berada pada nilai yang sesuai SII No. 0258-88 (<75%). Semakin lama waktu aktivasi menunjukkan daya serap karbon aktif terhadap Iodin juga meningkat. Hal ini dikarenakan semakin lama waktu aktivasi maka semakin kuat pengaruh larutan

aktivator dalam mengikat senyawa tar (sisa karbonisasi) untuk keluar melewati pori-pori dari kulit pisang. Pori-pori karbon yang terbuka secara maksimal menyebabkan luas permukaan karbon aktif semakin meningkat sehingga kemampuan karbon aktif untuk menyerap Iodin menjadi lebih tinggi [20].

3.6. HASIL UJI DAYA SERAP TERHADAP NIKEL

Karbon aktif dari kulit Pisang Kepok yang dihasilkan pada penelitian ini diaplikasikan untuk mengolah limbah buatan yang mengandung logam Nikel. Daya serap Nikel pada limbah buatan ditunjukkan pada Gambar 6(a) dan 6(b).



Gambar 6. Penurunan kadar Nikel pada limbah buatan dengan variasi waktu aktivasi karbon aktif pada berbagai konsentrasi aktivator (a) basa dan (b) asam

Berdasarkan Gambar 6 (a) dan (b) dapat diketahui bahwa penurunan kadar Nikel

pada limbah buatan tertinggi sebesar 100% yang terjadi pada penggunaan karbon aktif setelah diaktivasi dengan larutan NaOH 0,5 dan 1 N selama waktu aktivasi 1 dan 3 jam. Penurunan ini lebih besar dibanding penelitian Maharani dan Sa'diyah [5], bahwa penurunan kadar Nikel menggunakan karbon aktif dari serbuk gergaji kayu adalah 96.98%. Salah satu faktor nilai penurunan kadar Nikel tinggi adalah semakin tinggi konsentrasi aktivator menyebabkan pori-pori karbon aktif terbuka sehingga penyerapan terhadap logam Nikel semakin besar. Daya serap terhadap logam Nikel dipengaruhi oleh luas permukaan yang besar dari karbon aktif. Semakin luas permukaan karbon aktif maka semakin tinggi penyerapan terhadap logam Nikel. Menurut Widayanti dkk. [25], karbon yang sudah diaktivasi mempunyai daya adsorpsi yang tinggi karena proses aktivasi menyebabkan jumlah pori-pori yang semakin besar sehingga daya adsorpsi terhadap cairan atau gas juga semakin tinggi.

Penggunaan aktivator NaOH menghasilkan karbon aktif yang lebih baik daripada aktivator H₂SO₄ dalam menurunkan kadar Nikel. Karbon aktif dengan aktivator NaOH mampu menurunkan kadar logam Nikel pada limbah sampai 100%. Penggunaan aktivator dengan konsentrasi tinggi dapat menghasilkan karbon aktif yang memiliki luas permukaan yang besar. Hal ini disebabkan kadar tar atau pengotor semakin berkurang pada aktivator dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Selain itu, waktu aktivasi juga berpengaruh terhadap karbon aktif yang dihasilkan. Semakin lama waktu aktivasi, daya serap dari karbon aktif yang dihasilkan juga semakin besar. Waktu aktivasi yang lama dan konsentrasi aktivator yang tinggi pada dasarnya dilakukan untuk mengurangi kadar tar, sehingga semakin pekat aktivator yang digunakan maka akan menyebabkan kadar tar pada karbon aktif akan semakin berkurang. Akibatnya, pori-pori yang terdapat pada karbon aktif akan semakin besar karena luas permukaan karbon aktif semakin bertambah [26].

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian tentang karbon aktif dari kulit Pisang Kepok ini adalah aktivator basa berupa larutan NaOH dengan konsentrasi aktivator 0,5 N lebih baik daripada aktivator asam berupa larutan H₂SO₄ dengan konsentrasi 1 N. Waktu aktivasi optimum selama 1 jam mampu menghasilkan karbon aktif yang sesuai dengan SII No. 0258-88. Karbon aktif yang dihasilkan pada kondisi tersebut dapat menurunkan kandungan logam Nikel pada limbah hingga 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementrian Pertanian Republik Indonesia, Produksi Pisang Menurut Provinsi , Tahun 2015-2019, *Badan Pus. Stat. dan Direktorat Jenderal Hortik.*, 2015.
- [2] A. Takwanto, A. Mustain, H. P. Sudarminto, Penurunan Kandungan Polutan pada Lindi dengan Metode Elektrokoagulasi-Adsorpsi Karbon Aktif untuk Memenuhi Standar Baku Mutu Lingkungan, *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 2, no. 1, hal. 11, 2018.
- [3] Prayitno, N. Hendrawati, I. Siradjuddin, Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Rumput Laut Menggunakan Nano Karbon Aktif, *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 5, no. September, hal. 175–180, 2021.
- [4] C. Abdi, R. M. Khair, M. W. Saputra, Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa Acuminata* L.) Sebagai Karbon Aktif Untuk Pengolahan Air Sumur Kota Banjarbaru:Fe dan Mn, *Al-Sihah Public Heal. Sci. J.*, vol. 7, no. 2, hal. 166–174, 2015.
- [5] D. F. Maharani, K. Sa'diyah, Adsorpsi Logam Nikel Menggunakan Adsorben Serbuk Gergaji Kayu, *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 170–178, 2021.

- [6] X. Shen, R. Ou, Y. Li, A. Yuan, J. Liu, J. Gu, X. Hu, Z. Yang, F. Yang, Record-high capture of volatile benzene and toluene enabled by activator implant-optimized banana peel-derived engineering carbonaceous adsorbents, *Environ. Int.*, vol. 143, no. April, hal. 105774, 2020.
- [7] S. Wardani, E. Elvitriana, V. Viena, Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L) sebagai Karbon Aktif yang Teraktivasi H_2SO_4 , *Semdi Unaya*, no. November, hal. 271–280, 2017.
- [8] G. A. Wardani, W. T. Wulandari, Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata*) sebagai Biosorben Ion Timbal(II), *J. Kim. Val.*, vol. 4, no. 2, hal. 143–148, 2018.
- [9] P. Alifaturrahma, O. Hendriyanto, Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menyisihkan Logam Cu, *J. Ilm. Tek. Lingkungan.*, vol. 8, no. 2, hal. 105–111, 2016.
- [10] Y. Kurniati, O. P. Prastuti, E. L. Septiani, Studi Kinetika Adsorpsi Metil Biru Menggunakan Karbon Aktif Limbah Kulit Pisang, *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 3, no. 1, hal. 34, 2019.
- [11] N. Nasir, M. Nurhaeni, Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Angka Peroksida Dan Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas, *J. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 1, hal. 18–30, 2014.
- [12] K. Sa'diyah, C. E. Lusiani, R. D. Chrisnandari, W. S. Witasari, D. L. Aula, S. Triastutik, Pengaruh Proses Aktivasi Kimia Terhadap Karakteristik Adsorben dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata* L.), *J. Chemurg.*, vol. 04, no. 1, hal. 18–22, 2020.
- [13] S. Suziyana, S. Daud, H. S. Edward, Pengaruh Massa Adsorben Batang Pisang dan Waktu Kontak Adsorpsi Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe dan Kapasitas Adsorpsi Pada Pengolahan Air Gambut, *Jom FTEKNIK*, vol. 4, no. 1, hal. 1–9, 2017.
- [14] H. G. Pohan, Prospek Penggunaan Karbon Aktif dalam Industri, *J. of Agro-Based Industry*, vol. 10. hal. 31–34, 1993.
- [15] L. E. Laos, A. Selan, Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif, *J. Ilmu Pendidik. Fis.*, vol. 1, no. 1, hal. 32–36, 2016.
- [16] E. Winoto, S. Hatina, S. Sobirin, Pemanfaatan Karbon Aktif dari Serbuk Kayu Merbau dan Tongkol Jagung sebagai Adsorben untuk Pengolahan Limbah Cair AAS. *J. Redoks*, vol. 5, no. 1, hal. 32-46, 2020.
- [17] L. O. Agusriyadin, H. R. Ahmad, Adsorpsi Rhodamin B Menggunakan Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Yang Diaktivasi Secara Fisika dan Kimia, *Paradig. Maj. Ilm. Sains dan Mat.*, vol. 16, no. 1, hal. 67–81, 2012.
- [18] M. Smisek, S. Cerny, Active carbon: Manufacture, properties, and applications, *Anal. Chem.*, vol. 42, no. 14, hal. 1-81A, 2008.
- [19] M. Meilianti, Karakteristik Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Menggunakan Aktivator H_3PO_4 , *J. Distilasi*, vol. 2, no. 2, hal. 1-9, 2018.

- [20] D. A. Suryani, F. Hamzah, V. S. Johan, Variasi Waktu Aktivasi terhadap Kualitas Karbon Aktif Tempurung Kelapa, *Jom Faperta Ur*, vol. 5, no. 1, hal. 1–10, 2018.
- [21] A. H. Surest, I. Permana, R. G. Wibisono, Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Biji Ketapang, *Jur. Tek. Kim.*, hal. 1–11, 2009.
- [22] M. Adinata, Restu, Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Sebagai Karbon Aktif, *Skripsi*, vol. UPN "Veter, 2013.
- [23] Y. Hendrawan, S. M. Sutan, R. Y. R. Kreative, Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl, *J. Keteknikan Pertan. Trop. dan Biosist.*, vol. 5, no. 3, hal. 200–207, 2017.
- [24] S. Maulina, M. Iriansyah, Characteristics of activated carbon resulted from pyrolysis of the oil palm fronds powder, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 309, no. 1, hal. 1–6, 2018.
- [25] W. Widayanti, I. Isa, L. O. Aman, Studi Daya Aktivasi Arang Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cd, *J. Sainstek*, vol. 6, no. 5, 2012.
- [26] N. Rahmadani, P. Kurniawati, Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas, *Pros. Semin. Nasional Kim. dan Pembelajarannya 2017*, hal. 154–161, 2017.