

# PEMANFAATAN KARBON AKTIF SEKAM PADI SEBAGAI ADSORBEN EMISI GAS BUANG PADA SEPEDA MOTOR

<sup>1</sup>Amalyah Febryanti, <sup>2</sup>Abdul Wahid Wahab, <sup>3</sup>Maming

<sup>1</sup>Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar

<sup>2,3</sup>Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Hasanuddin Makassar, Sulawesi Selatan.

**Abstrak.** Pembuatan arang aktif dari sekam padi sebagai adsorben emisi gas telah dilakukan. Pembuatan arang aktif tersebut bertujuan untuk mengadsorpsi emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> pada kendaraan bermotor. Hal itu karena gas tersebut merupakan zat pencemar yang sangat berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Metode yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pembuatan arang aktif dari sekam padi, pengujian kualitas arang aktif berdasarkan SNI, analisis profil permukaan arang aktif dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*), pengukuran emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> pada kendaraan bermotor dengan menggunakan PEM-9004. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air dan zat menguap arang aktif sekam padi memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI), masing-masing di bawah 15% dan 25%. Suhu 400 °C merupakan suhu aktivasi terbaik bagi arang aktif sekam padi karena suhu ini menghasilkan daya serap tertinggi terhadap gas, yaitu 52,5% (CO); 76,2% (NO); 77,3 % (NO<sub>x</sub>). Oleh karena itu, arang aktif ini berpotensi dijadikan adsorben emisi gas buang.

**Kata kunci:** adsorpsi, arang aktif, emisi, PEM-9004, sekam padi

## PENDAHULUAN

Di Indonesia kualitas udara telah mengalami penurunan seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan bermotor. Hal itu terjadi karena emisi gas buang yang keluar melalui knalpot telah mencemari udara (Hastuti & Utami, 2008). Emisi tersebut di antaranya CO, NO, dan NO<sub>x</sub> yang merupakan kelompok gas yang berbahaya (Budiyono, 2010). NO dan NO<sub>x</sub> berpotensi menyebabkan hujan asam sehingga menimbulkan kerusakan hutan, menghancurkan hasil panen, merusak lahan pertanian, korosi bangunan, dan masalah-masalah kesehatan lainnya (Sukarsono, 2004). Sementara gas CO dapat menyebabkan rasa sakit pada mata, gangguan saluran pernapasan, dan paru-paru (Arisma, 2010).

Berbagai mitigasi telah dilakukan oleh pemerintah dalam mengatasi emisi gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub>. Salah satunya adalah dengan meningkatkan efisiensi energi kendaraan bermotor. Akan tetapi, jumlah kendaraan tersebut meningkat pesat sehingga membuat upaya ini kurang efektif (Angreni et al., 2013). Oleh karena itu, usaha lain harus dilakukan dalam menangani masalah tersebut. Salah satu usaha yang dilakukan adalah dengan membuat suatu adsorben yang dapat menyerap emisi tersebut. Sebuah penelitian menyebutkan bahwa pelarut amina dapat digunakan sebagai adsorben, tetapi zat ini memiliki kapasitas adsorpsi gas yang rendah dan berpotensi menimbulkan korosi (Murshid et al., 2011). Penelitian lain menyebutkan bahwa zeolit dapat digunakan sebagai adsorben karena material ini memiliki pori-pori yang kecil sehingga itu mampu mengurangi penumpukan gas polutan. Namun, kapasitas adsorpsi zeolit masih terbatas (E Apriyanti, 2013).

Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan arang aktif sebagai adsorben emisi gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub> karena materil ini tersedia dalam jumlah besar dan memiliki harga yang murah. Menurut (Plaza et al., 2009) bahwa arang aktif juga memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar daripada zeolit. Arang aktif dapat dibuat dari fosil, batubara, kayu, dan limbah organik. Akan tetapi, pada penelitian ini bahan baku yang digunakan adalah sekam padi karena harganya murah dan tersedia dalam jumlah banyak (Sitohang & Dian, 2009). Hal ini berdasarkan data yang dikeluarkan oleh (Statistik, 2013) bahwa produksi gabah kering giling (GKG) di Indonesia pada tahun 2012 sebesar 69,05 juta ton, sementara sekam yang dihasilkan dari gabah kering tersebut ± 15 juta ton. Kenyataan menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah sekam belum maksimal. Jika hal ini dibiarkan, limbah tersebut dapat menimbulkan kerusakan lingkungan (Shackley et al., 2012). Maka dari itu, bahan dasar yang digunakan untuk membuat arang aktif adalah sekam padi. Allah berfirman dalam Q.S Ali Imran:191 bahwa *“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadaan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, maka perihallah kami dari siksa neraka.”*

Ayat tersebut menjelaskan bahwa semua yang Allah ciptakan bukan merupakan suatu kesia-siaan. Semua yang ada di muka bumi ini memiliki manfaat, bahkan limbah yang merupakan residu bahan alam juga memiliki banyak manfaat, seperti sekam padi. Sekam ini dikarbonisasi untuk dijadikan arang aktif yang berperan sebagai adsorben polutan.

Penelitian mengenai potensi arang aktif sekam padi sebagai adsorben telah banyak dilakukan, di antaranya (Hsu & Pan, 2007) melaporkan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum arang aktif sekam padi terhadap parakuat adalah 317.7 mg/g. (Sunardi & Nurliana, 2008) melaporkan bahwa arang aktif sekam padi dapat mengurangi kadar besi (Fe) dalam air ledeng sampai batas titik terendah yaitu 0 ppm. (Yuliati & Susanto, 2011) melaporkan bahwa arang aktif sekam padi berpotensi menyerap senyawa fenol pada limbah industri. (Latiff et al., 2016) melaporkan bahwa arang aktif sekam padi yang diaktivasi dengan ZnCl<sub>2</sub> dapat menyerap Cu(II) sebesar 33.92%. (Singh & Singh, 2012) melaporkan bahwa arang aktif sekam padi yang diaktivasi dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 40% dapat menyerap Cr(VI) sebanyak 93%-94%. (Zakir, 2013) melaporkan bahwa arang aktif sekam padi yang diaktivasi menggunakan ZnCl<sub>2</sub> 10% dapat menyerap Cu(II) sebesar 5.2311 mg/g dan Co(II) sebesar 6.7456 mg/g. Beberapa penelitian sebelumnya fokus pada potensi arang aktif sekam padi sebagai adsorben logam berat dan senyawa organik dari limbah-limbah industri dan air ledeng. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi arang aktif sekam padi sebagai adsorben emisi gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub> pada kendaraan bermotor.

## **MATERIAL**

### **Bahan dan Alat**

Penelitian ini menggunakan sekam padi (*Oryza sativa* L.). Ini berasal dari Pangkajene, Kabupaten Sidrap, Sulawesi Selatan. Selain itu,  $ZnCl_2$  p.a juga digunakan pada penelitian ini sebagai zat pengaktivasi arang yang dihasilkan. Instrumen yang digunakan adalah tanur *muffle Furnace type 6000, portable emissions measurment (PEM) 9004, scanning electron microscopy (SEM) tescan vega3SB*, neraca analitik shimadzu AW220, oven (tipe SPNISOSFD), ayakan 20 mesh, dan pipa PVC.

### **Prosedur kerja**

#### **Pembuatan arang aktif dari sekam padi**

Sekam padi dicuci sampai bersih. Sekam tersebut lalu dikeringkan di bawah terik matahari. Selanjutnya itu dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80 °C selama 24 jam. Kemudian itu dikarbonisasi pada suhu 300 °C selama  $\pm 2$  jam. Setelah itu, arang didinginkan di dalam desikator. Itu lalu dimortar. Kemudian, arang direndam dalam larutan  $ZnCl_2$  10% (b/v) selama 24 jam. Arang selanjutnya disaring dan dicuci hingga pH netral (pH=7). Lalu arang yang dihasilkan dikering di dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Selanjutnya, arang disimpan dalam cawan porselin dan dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 300 °C; 350 °C; 400 °C selama 2 jam. Setelah itu, hasil tang diperoleh diayak dengan ukuran 20 mesh (Danarto & T, 2008).

#### **Pengujian kualitas arang aktif**

##### **a. Analisis kadar air**

Sebanyak 1 g AA 0 °C, AA 300 °C, AA 350 °C, dan AA 400 °C ditimbang masing-masing sebagai massa awal. Kemudian, itu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikeringkan. Selanjutnya, arang aktif tersebut dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 3 jam. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam desikator selama 1 jam lalu ditimbang sebagai massa akhir hingga diperoleh bobot tetap (Widayanti et al., 2012).

$$Kadar\ air = \frac{M_a - M_b}{M_a} \times 100\%$$

Keterangan:

Ma = massa awal

Mb = massa akhir

##### **b. Analisis Kadar Zat Menguap**

Sebanyak 1 g AA 0 °C, AA 300 °C, 350 °C, dan 400 °C ditimbang masing-masing sebagai massa awal. Kemudian sampel dimasukkan dalam cawan yang telah diketahui bobot keringnya. Lalu arang aktif dipanaskan dalam tanur pada suhu 600 °C selama 10 menit. Selanjutnya, mereka didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang sebagai massa akhir hingga mencapai bobot tetap (Dahlan, 2012).

$$\text{Kadar zat menguap} = \frac{M_a - M_b}{M_a} \times 100\%$$

### **Analisis Profil Permukaan Arang Aktif**

Profil permukaan arang aktif dilihat dengan menggunakan SEM. Analisis ini bertujuan untuk melihat ukuran pori-pori arang aktif sekam padi.

### **Pembuatan Tabung Adsorpsi**

Tabung adsorpsi ini bertujuan untuk menyimpan arang aktif sebagai media penyerap emisi gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub>. Tabung ini terbuat dari bahan polimer polivinil klorida (PVC), yang panjang dan diameternya masing-masing 15 cm dan 2 cm. Kedua ujung tabung ditutupi oleh kain yang tipis.

### **Pengukuran Emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub>**

Pengukuran emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> dilakukan sebanyak dua perlakuan. Perlakuan pertama pengukuran emisi tanpa AA. Mesin sepeda motor dinyalakan. Kemudian, probe PEM 9004 dimasukkan ke ujung saluran gas buang kendaraan (knalpot). Selanjutnya, hasil pengukuran emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> ditampilkan pada layar PEM-9004. Pengukuran diulangi sebanyak 5 kali ulangan.

Perlakuan yang kedua adalah pengukuran emisi dengan AA. Mesin sepeda motor dinyalakan. Setelah itu, tabung adsorpsi yang berisi 15 g AA 0 °C dipasang pada ujung knalpot. Kemudian, probe alat uji PEM-9004 dimasukkan ke dalam tabung adsorpsi. Selanjutnya, hasil pengukuran emisi gas ditampilkan pada layar PEM-9004. Langkah-langkah tersebut diulangi dengan menggunakan AA 300 °C, AA 350 °C, dan AA 400 °C. Pengukuran masing-masing diulangi sebanyak 5 kali pengulangan.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Arang Aktif dari Sekam Padi (*Oryza sativa* L.)**

Pembuatan arang aktif sekam padi melalui tiga tahap, yaitu dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tahap awal merupakan tahap dehidrasi, sekam padi dicuci sampai bersih untuk menghilangkan zat-zat pengotor. Proses ini melibatkan pengeringan yang bertujuan untuk menguapkan zat-zat yang mudah menguap. Selain itu, sekam padi dipanaskan pada suhu 80 °C agar residu air yang masih tertinggal dapat menguap.

Tahap karbonisasi adalah proses dimana sekam padi diubah menjadi karbon. Tujuan karbonisasi untuk memisahkan bahan non karbon yang terperangkap dalam bahan baku sehingga yang tersisa hanya karbon atau arang (Eny Apriyanti, 2010). Suhu karbonisasi 300 °C dipilih karena suhu ini merupakan suhu optimum dalam memisahkan bahan non karbon yang ada dalam sekam tersebut sehingga diperoleh karbon dengan kandungan tertinggi. Hasil karbonisasi tersebut didinginkan di dalam 24 jam untuk menguapkan kandungan air pada sampel atau mendehidrasi sampel sekam padi tersebut. Penggerusan dilakukan untuk persiapan aktivasi dan pengayakan.



Gambar 1. Arang aktif sekam padi

... dan menggunakan ...  
 padi.  $ZnCl_2$  10% digunakan sebagai aktivator karena dapat memecahkan ikatan hidrokarbon pada arang sehingga membuka pori-porinya (Faradina & Setiawati, 2010). Tahap ini juga melibatkan proses pencucian dengan menggunakan akuades. Pencucian dilakukan hingga pH air cucian mencapai netral ( $pH = 7$ ). Tujuannya adalah untuk menghilangkan ion-ion  $Cl^-$  yang dapat menutupi pori-pori arang. Selain itu, proses pengeringan dilakukan pada suhu  $105\text{ }^\circ\text{C}$  untuk menguapkan seluruh kandungan air. Aktivasi secara fisika juga dilakukan pada variasi suhu  $300\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $350\text{ }^\circ\text{C}$ , dan  $400\text{ }^\circ\text{C}$  untuk memperluas pori-pori arang aktif sehingga daya serapnya semakin besar. Variasi suhu tersebut dilakukan dengan tujuan memperoleh suhu aktivasi optimum. Pengayakan dengan ukuran  $20\text{ mesh}$  merupakan tahap akhir dari proses aktivasi. Ini dilakukan untuk mendapatkan ukuran yang homogen.

#### **Kualitas Arang Aktif Sekam Padi (*Oryza sativa* L.)**

Pengujian kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis arang aktif. Kadar air dapat memengaruhi kemampuan adsorpsi. Semakin besar kadar air arang aktif, maka semakin kecil kemampuannya untuk menyerap adsorbat (Puspita, dkk., 2013). Secara keseluruhan, kadar air arang aktif sekam padi yang dihasilkan memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu di bawah 15%. Pada Tabel 1, semakin tinggi suhu aktivasi fisik, kadar air yang dihasilkan semakin menurun. Hal itu terjadi karena semakin tinggi suhu, maka semakin banyak air yang menguap.

**Tabel 1.** Kualitas arang aktif sekam padi

<b>T (<math>^\circ\text{C}</math>)</b>	<b>KA (%)</b>	<b>KZM (%)</b>
0	14.20	25.00
300	7.20	24.90
350	6.30	22.85
400	2.80	18.18

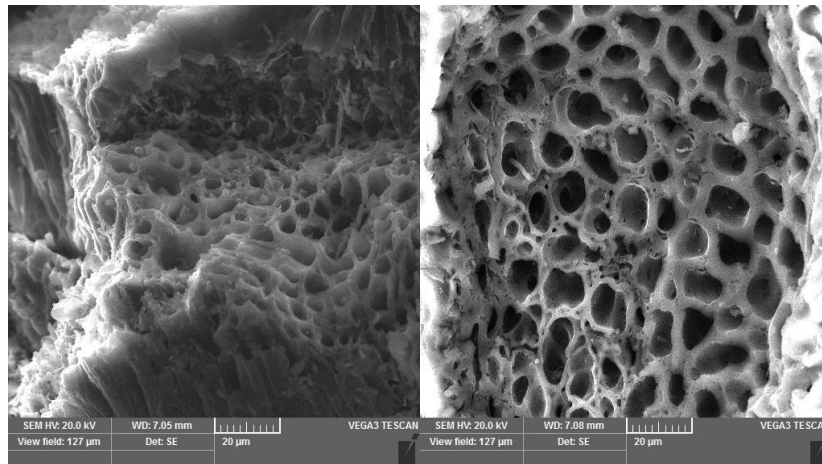
Keterangan:

- T = suhu aktivasi sekam padi
- KA = kadar air
- KZM = kadar zat menguap

Pengujian kadar zat menguap bertujuan untuk mengetahui persentase zat atau senyawa yang belum menguap pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Kadar zat menguap yang tinggi dapat mempengaruhi daya serap arang aktif. Semakin tinggi kadar zat menguap pada arang aktif, semakin rendah daya serapnya. Pada penelitian ini, kadar zat menguap arang aktif yang diperoleh telah memenuhi SNI, yaitu maksimum 25%.

### **Profil permukaan arang aktif sekam padi**

Pengujian SEM dilakukan untuk melihat pola atau gambaran permukaan dari suatu sampel. Dari pengujian tersebut, gambaran permukaan pori-pori arang aktif dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Arang aktif sekam padi suhu aktivasi 0 °C (a) dan (b) 400 °C

Gambar 3 memperlihatkan perbedaan antara AA sekam padi tanpa aktivasi suhu dan AA sekam padi dengan suhu aktivasi 400 °C. Perbesaran 20.000 kali menunjukkan bahwa AA pada suhu aktivasi 400 °C memiliki pori-pori yang besar dibandingkan dengan AA sekam padi yang tanpa melalui aktivasi suhu. Selain itu, AA dengan suhu aktivasi 400 °C memiliki permukaan pori-pori yang lebih teratur dibandingkan dengan AA sekam padi yang tanpa melalui aktivasi suhu. Pengaruh utama aktivasi fisika suhu 400 °C tidak hanya menguapkan material nonkarbon, tetapi juga ini cukup efektif dalam membentuk dan melebarkan pori-pori.

### **Konsentrasi emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> menggunakan adsorben arang aktif sekam padi**

Pada proses pengukuran ini, jenis kendaraan bermotor yang digunakan adalah sepeda motor merek Yamaha seri soul GT. Emisi gas buang motor tersebut diukur dengan instrument PEM-9004. Pengukuran ini dilakukan dengan 5 perlakuan. Setiap perlakuan diulangi sebanyak 5 kali dengan selang waktu 1 menit. Perlakuan 1 disebut kontrol, pengukuran ini dilakukan tanpa menggunakan arang aktif, dimana stik probe PEM secara langsung dimasukkan di dalam saluran knalpot. Perlakuan 2–5 dilakukan dengan menggunakan AA sekam padi dengan variasi suhu aktivasi yang berbeda ( $T_0$ ,

T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> dan T<sub>3</sub>). Data hasil pengukuran emisi gas NO, NO<sub>x</sub>, dan CO terdapat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Konsentrasi emisi gas NO, NO<sub>x</sub>, dan CO

Suhu aktivasi	Konsentrasi CO (ppm)	Konsentrasi NO (ppm)	Konsentrasi NO <sub>x</sub> (ppm)
T <sub>0</sub>	21.5	8.400	8.800
T <sub>1</sub>	27.7	6.600	6.600
T <sub>2</sub>	28.9	6.200	6.400
T <sub>3</sub>	52.5	5.400	5.400

Keterangan:

K = kontrol (tanpa AA)

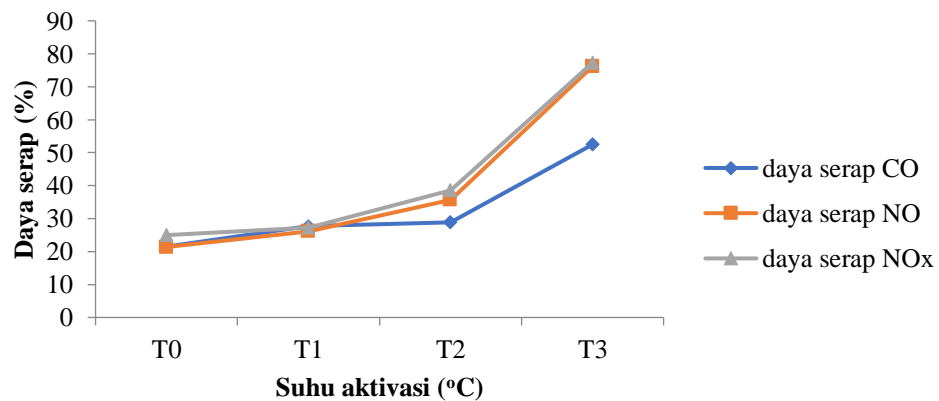
T<sub>0</sub> = AA sekam padi tanpa aktivasi suhu (0 °C)

T<sub>1</sub> = AA sekam padi suhu aktivasi 300 °C

T<sub>2</sub> = AA sekam padi suhu aktivasi 350 °C

T<sub>3</sub> = AA sekam padi suhu aktivasi 400 °C

Pengukuran kontrol dilakukan untuk mengetahui adanya penurunan emisi gas pada sepeda motor. Selain itu, pengukuran tersebut juga dimaksudkan untuk menentukan terjadinya penyerapan oleh adsorben AA sekam padi terhadap emisi gas.



**Gambar 3.** Grafik daya serap AA terhadap emisi gas

Pada Gambar 3, konsentrasi gas CO; NO; NO<sub>x</sub> masing-masing sebesar 2420 ppm; 8.4 ppm; 8.8 ppm. Hasil pengukuran kontrol sangat tinggi karena pengukuran ini dilakukan tanpa menggunakan AA. Sedangkan, pada pengukuran T<sub>0</sub> dengan AA 0 °C (tanpa aktivasi fisika), emisi gas-gas tersebut mengalami penurunan konsentrasi sebesar 1900 ppm (CO); 6.6 ppm (NO dan NO<sub>x</sub>). Perlakuan T<sub>1</sub> dengan AA 300 °C mengalami penurunan konsentrasi secara signifikan. Gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub> masing-masing mengalami penurunan sebesar 1750 ppm; 6.2 ppm; 6.4 ppm. Ini sama halnya dengan pengukuran T<sub>2</sub> dengan AA 350 °C dan T<sub>3</sub> AA 400 °C, konsentrasi emisi gas CO; NO; NO<sub>x</sub> mengalami penurunan masing-masing untuk T<sub>2</sub> sebesar 1720 ppm; 5.4 ppm; 5.4

ppm. Sementara konsentrasi emisi gas CO; NO; NO<sub>x</sub>; masing-masing untuk T<sub>3</sub> sebesar 1150 ppm; 2 ppm; 2 ppm. Penurunan konsentrasi terjadi karena gas-gas tersebut terperangkap dalam rongga atau pori-pori arang aktif. Semakin tinggi suhu, semakin banyak pori-pori arang aktif yang terbuka. Itu sebabnya gas-gas yang diserap sangat banyak. Konsentrasi gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub> menurun seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi AA sekam padi. Hal itu terjadi karena tingginya suhu aktivasi menyebabkan zat-zat nonkarbon menguap sehingga pori-pori arang aktif terbuka. Dengan demikian, daya serapnya sangat besar.

Gambar 5. Grafik hubungan daya adsorpsi terhadap suhu aktivasi arang aktif  
Berdasarkan Gambar 4, daya serap pengukuran kontrol (K) adalah 0%. Sementara daya serap T<sub>0</sub> adalah 21.5% (CO); 21.4% (NO); 25.0 % (NO<sub>x</sub>). T<sub>1</sub> memiliki daya serap terhadap gas sebesar 27.7% (CO); 26.2% (NO); 27.3% (NO<sub>x</sub>). Sementara T<sub>2</sub> memiliki daya serap terhadap gas sebesar 28.9% (CO); 35.7% (NO); 38.6% (NO<sub>x</sub>). Semakin tinggi suhu aktivasi arang aktif, semakin tinggi pula daya serap gas CO, NO, dan NO<sub>x</sub>. Hal itu terjadi karena zat-zat yang menutupi pori-porinya mengalami penguapan. Daya serap tertinggi yang diperoleh untuk masing-masing gas CO, NO, NO<sub>x</sub> adalah 52.5%; 76.2%; 77.3%. Ini menunjukkan bahwa suhu 400 °C merupakan suhu paling baik untuk aktivasi fisik pada arang aktif sekam padi.

## KESIMPULAN

Kadar air dan zat menguap arang aktif sekam padi telah memenuhi SNI. Arang aktif sekam padi berpotensi menurunkan konsentrasi emisi CO, NO, dan NO<sub>x</sub> secara signifikan. Suhu aktivasi 400 °C merupakan suhu aktivasi terbaik untuk arang aktif sekam padi karena suhu aktivasi ini memiliki daya serap tertinggi terhadap gas, yaitu 52.5% (CO); 76.2% (NO); 77.3% (NO<sub>x</sub>).

## DAFTAR PUSTAKA

- Angreni, A., Magister, P., Arsitektur, D., Studi, P., Perkotaan, P., & Indonesia, U. (2013). *Pathologies of Planning (Studi Kasus Kebijakan Mobil Murah)*.
- Apriyanti, E. (2013). Adsorpsi Co<sub>2</sub> Menggunakan Zeolit: Aplikasi Pada Pemurnian Biogas. *Dinamika Sains*.  
<http://jurnal.unpand.ac.id/index.php/dinsain/article/view/43>
- Apriyanti, Eny. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Batubara dengan Proses Aktivasi CO<sub>2</sub>*.
- Arisma, D. (2010). *Pengaruh Penambahan Reheater pada Knalpot terhadap Emisi Gas Buang CO Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2004*. Universitas Sebelas Maret.
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Dirgantara*, 2(1), 21–27.
- Dahlan, B. (2012). *Studi Awal Penggunaan Limbah Kayu Matoa (Pometia sp) sebagai*



- Bahan Dasar Pembuatan Karbon Aktif untuk Adsorpsi Limbah Timbal(II).* Universitas Negeri Papua.
- Danarto, Y., & T, S. (2008). Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *Ekuilibrium*, 7(1), 13–16.
- Faradina, E., & Setiawati. (2010). *Regenerasi Minyak Jelantah dengan Proses Bleaching Menggunakan Adsorben Arang Aktif.* Universitas Lambung Mangkurat.
- Hastuti, E., & Utami, T. (2008). Potensi Ruang Terbuka Hijau Dalam Penyerapan Co2 Di Permukiman. *Jurnal Permukiman*, 3(2), 107–114.
- Hsu, S. T., & Pan, T. C. (2007). Adsorption of paraquat using methacrylic acid-modified rice husk. *Bioresource Technology*, 98(18), 3617–3621. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.060>
- Latiff, M. F. P. M., Abustan, I., Ahmad, M. A., Yahaya, N. K. E. M., & Khalid, A. M. (2016). Effect of preparation conditions of activated carbon prepared from corncob by CO2 activation for removal of Cu (II) from aqueous solution. *AIP Conference Proceedings*, 1774(January). <https://doi.org/10.1063/1.4965057>
- Murshid, G., Shariff, A., Keong, L., & Bustam, M. (2011). *Thermo Physical Analysis of 2- amina-2-methyl-1-propanol Solvent for Carbondioxide Removal.* Universitas Teknologi PETRONAS.
- Plaza, M. G., Pevida, C., Arias, B., Casal, M. D., Martín, C. F., Feroso, J., Rubiera, F., & Pis, J. J. (2009). Different Approaches for the Development of Low-Cost CO2 Adsorbents. *Journal of Environmental Engineering*, 135(6), 426–432. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0000009](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000009)
- Shackley, S., Carter, S., Knowles, T., Middelink, E., Haefele, S., & Haszeldine, S. (2012). Sustainable gasification-biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, Part II: Field trial results, carbon abatement, economic assessment and conclusions. *Energy Policy*, 41, 618–623. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.023>
- Singh, S. R., & Singh, A. . (2012). Treatment of Water Containing Chromium (VI) Using Rice Husk Carbon As a Newlow Cost Adsorbent. *Int. J. Environ. Res.*, 6(4), 917 – 924.
- Sitohang, A. A. ., & Dian, S. . (2009). *No Title.*
- Statistik, B. P. (2013). *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai.* [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)
- Sukarsono. (2004). Kajian pengurangan SO2 dan NOx dari gas buang hasil pembakaran dengan akselerator. *Ganendra*, VI(2), 25–32.
- Sunardi, & Nurliana. (2008). Pemanfaatan Arang Aktif Sekam Padi dengan Aktivator Natrium Karbonat (Na2CO3) 5% untuk Mengurangi Kadar Besi (Fe) dalam Air Ledeng. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 23, 99–104.
- Widayanti, N., Isa, I., & La Ode Aman, N. (2012). *Studi Daya Aktivasi Arang Sekam Padi Pada Proses Adsorpsi Logam Cd* (Vol. 6, Issue 05). <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/ST/article/download/1137/923%0Ahttps://lens.org/156-989-806-908-806>
- Yuliati, F., & Susanto, H. (2011). Kajian pemanfaatan arang sekam padi aktif sebagai pengolah air limbah gasifikasi. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.1.2>

- Zakir, M. (2013). Adsorption of lead ( II ) and copper ( II ) ions on rice husk activated carbon under sonication 1. *International Symposium on Chemical and Bioprocess Engineering, June, 25–28.*
- Angreni, A., Magister, P., Arsitektur, D., Studi, P., Perkotaan, P., & Indonesia, U. (2013). *Pathologies of Planning (Studi Kasus Kebijakan Mobil Murah).*
- Apriyanti, E. (2013). Adsorpsi Co2 Menggunakan Zeolit: Aplikasi Pada Pemurnian Biogas. *Dinamika Sains.*  
<http://jurnal.unpand.ac.id/index.php/dinsain/article/view/43>
- Apriyanti, Eny. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Dari Batubara dengan Proses Aktivasi CO2.*
- Arisma, D. (2010). *Pengaruh Penambahan Reheater pada Knalpot terhadap Emisi Gas Buang CO Sepeda Motor Yamaha Jupiter Z Tahun 2004.* Universitas Sebelas Maret.
- Budiyono, A. (2010). Pencemaran Udara : Dampak Pencemaran Udara Pada Lingkungan. *Dirgantara, 2(1), 21–27.*
- Dahlan, B. (2012). *Studi Awal Penggunaan Limbah Kayu Matoa (Pometia sp) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Karbon Aktif untuk Adsorpsi Limbah Timbal(II).* Universitas Negeri Papua.
- Danarto, Y., & T, S. (2008). Pengaruh Aktivasi Karbon dari Sekam Padi pada Proses Adsorpsi Logam Cr(VI). *Ekulibrium, 7(1), 13–16.*
- Faradina, E., & Setiawati. (2010). *Regenerasi Minyak Jelantah dengan Proses Bleaching Menggunakan Adsorben Arang Aktif.* Universitas Lambung Mangkurat.
- Hastuti, E., & Utami, T. (2008). Potensi Ruang Terbuka Hijau Dalam Penyerapan Co2 Di Permukiman. *Jurnal Permukiman, 3(2), 107–114.*
- Hsu, S. T., & Pan, T. C. (2007). Adsorption of paraquat using methacrylic acid-modified rice husk. *Bioresource Technology, 98(18), 3617–3621.*  
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.11.060>
- Latiff, M. F. P. M., Abustan, I., Ahmad, M. A., Yahaya, N. K. E. M., & Khalid, A. M. (2016). Effect of preparation conditions of activated carbon prepared from corncob by CO2 activation for removal of Cu (II) from aqueous solution. *AIP Conference Proceedings, 1774(January).* <https://doi.org/10.1063/1.4965057>
- Murshid, G., Shariff, A., Keong, L., & Bustam, M. (2011). *Thermo Physical Analysis of 2- amina-2-methyl-1-propanol Solvent for Carbondioxide Removal.* Universitas Teknologi PETRONAS.
- Plaza, M. G., Pevida, C., Arias, B., Casal, M. D., Martín, C. F., Feroso, J., Rubiera, F., & Pis, J. J. (2009). Different Approaches for the Development of Low-Cost CO2 Adsorbents. *Journal of Environmental Engineering, 135(6), 426–432.*  
[https://doi.org/10.1061/\(asce\)ee.1943-7870.0000009](https://doi.org/10.1061/(asce)ee.1943-7870.0000009)
- Shackley, S., Carter, S., Knowles, T., Middelink, E., Haefele, S., & Haszeldine, S. (2012). Sustainable gasification-biochar systems? A case-study of rice-husk gasification in Cambodia, Part II: Field trial results, carbon abatement, economic assessment and conclusions. *Energy Policy, 41, 618–623.*  
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.11.023>
- Singh, S. R., & Singh, A. . (2012). Treatment of Water Containing Chromium (VI)

- Using Rice Husk Carbon As a Newlow Cost Adsorbent. *Int. J. Environ. Res.*, 6(4), 917 – 924.
- Sitohang, A. A. ., & Dian, S. . (2009). *No Title*.
- Statistik, B. P. (2013). *Produksi Padi, Jagung, dan Kedelai*. [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id)
- Sukarsono. (2004). Kajian pengurangan SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dari gas buang hasil pembakaran dengan akselerator. *Ganendra*, VI(2), 25–32.
- Sunardi, & Nurliana. (2008). Pemanfaatan Arang Aktif Sekam Padi dengan Aktivator Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 5% untuk Mengurangi Kadar Besi (Fe) dalam Air Ledeng. *Jurnal Hutan Tropis Borneo*, 23, 99–104.
- Widayanti, N., Isa, I., & La Ode Aman, N. (2012). *Studi Daya Aktivasi Arang Sekam Padi Pada Proses Adsorpsi Logam Cd* (Vol. 6, Issue 05). <http://ejurnal.ung.ac.id/index.php/ST/article/download/1137/923%0Ahttps://lens.org/156-989-806-908-806>
- Yuliati, F., & Susanto, H. (2011). Kajian pemanfaatan arang sekam padi aktif sebagai pengolah air limbah gasifikasi. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 10(1), 9. <https://doi.org/10.5614/jtki.2011.10.1.2>
- Zakir, M. (2013). Adsorption of lead ( II ) and copper ( II ) ions on rice husk activated carbon under sonication 1. *International Symposium on Chemical and Bioprocess Engineering*, June, 25–28.