

## Penjerapan Urea dengan Karbon Aktif dari Kayu Bakar

### *Urea Adsorption using Activated Carbon of Firewood*

Theresia Evila Purwanti Sri Rahayu<sup>1\*</sup>, Shafwan Amrullah<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Pengendalian Pencemaran Lingkungan, Politeknik Negeri Cilacap, Indonesia

<sup>2</sup>Teknologi Industri Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

Email: <sup>1</sup>theresiaevila@pnc.ac.id, <sup>2</sup>shafwan.amrullah@uts.ac.id

*Direview : 2 Agustus 2020*

*Diterima : 20 Agustus 2020*

#### Abstrak

Karbon aktif merupakan bahan penjerap universal yang memiliki fungsi yang sangat luas dalam kehidupan manusia. Karbon aktif telah digunakan dalam pengolahan limbah sebagai penjerap berbagai macam zat terutama dalam bentuk cairan dan gas, penyerap bau, pengawet bahan makanan, media penyimpan nutrisi bagi tanaman, alat hemodialisis dan sel bahan bakar. Karbon aktif disukai karena memiliki kemampuan penjerapan yang tinggi karena adanya pori-pori yang membuat luas permukaannya besar, cara pembuatan yang mudah, bahan baku yang mudah didapat di alam termasuk dari limbah, dan biaya pembuatan yang juga relatif murah. Penelitian ini bertujuan menyelidiki kemampuan karbon aktif yang dibuat dari kayu bakar yang dipirolisis untuk menjerap urea dalam larutannya. Penelitian ini mengkaji kapasitas adsorpsi urea dan besarnya persentase pengambilan urea dari larutannya dengan karbon aktif kayu bakar. Hasil penelitian diperoleh bahwa karbon aktif dari kayu bakar memiliki kapasitas adsorpsi urea sebesar 0,026 mg urea/g adsorben pada konsentrasi urea 500 mg/L hingga 479 mg urea/g adsorben pada konsentrasi urea 50000 mg/L dan persentase penjerapan urea sebesar 8,8 % v/v. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif yang dibuat dari pirolisis kayu bakar memiliki kemampuan dalam menjerap molekul urea dalam larutan dan karena itu pirolisis kayu bakar dapat dijadikan sebagai adsorben alternatif yang murah untuk mengolah air limbah yang mengandung urea.

Kata kunci: adsorpsi, adsorben, pirolisis, karbon aktif, urea

#### Abstract

*Activated carbon is a universal adsorbent possessing extensive function in human life. Adsorbent has been used in waste effluent treatment to adsorb variety substances mainly in the form of liquid and gas pollutants, odor adsorbent, food preservative, nutrient carrier for plant, and as fuel cell. Adsorbent is become an interest for its highly adsorption capacity due to its abundant pores on its surface resulting wide surface area, its simple manufacturing, its easy finding raw materials-even from waste material, and its relatively low cost of manufacturing. The purpose of this study is to investigate adsorption capacity and urea uptake percentage of activated carbon made from pyrolyzed firewood. The results obtained in this research are activated carbon from pyrolyzed firewood has urea adsorption capacity 0,026 mg urea/g adsorbent at urea concentration of 500 mg/L as high as 479 mg urea/g adsorbent at urea concentration of 50000 mg/L and urea uptake percentage 8,8 % v/v. This result shows that activated carbon from pyrolyzed firewood has capability to adsorb urea molecules form aqueous solution and therefore pyrolyzed firewood can be an alternative of low cost adsorbent for treating wastewater containing urea.*

Keywords: adsorption, adsorbent, pyrolysis, activated carbon, urea

DOI : 10.35970/jppl.v2i2.344

Corresponding Author : [theresiaevila@pnc.ac.id](mailto:theresiaevila@pnc.ac.id)

## 1. PENDAHULUAN

Metode penjerapan (adsorpsi) merupakan metode yang telah diaplikasikan secara luas dalam kehidupan sehari-hari. Adsorpsi telah umum dipakai dalam pengolahan limbah untuk menjerap atau menghilangkan berbagai macam zat polutan baik zat organik maupun anorganik utamanya dalam fase cair dan gas. Bahan penjerap atau adsorben ada berbagai macam diantara yang telah dikenal luas yakni karbon aktif dan zeolith, selain itu juga terdapat beberapa jenis adsorben yang lebih modern yang dihasilkan dari riset-riset yang lebih baru seperti komposit dan silikia berpori contohnya silika mesopori yang diteliti oleh Cheah dkk (2016).

Karbon aktif memiliki keunikan tersendiri diantara berbagai jenis adsorben yang ada yaitu permukaannya yang memiliki luas permukaan yang besar karena adanya pori-pori kecil (mesopore dan mikropori) yang mudah dimodifikasi dengan penambahan gugus fungsional untuk meningkatkan interaksi dengan adsorbat yang akan dijerap sehingga kapasitas adsorpsi karbon pori semakin meningkat (Cheah et al., 2016). Kelebihan lain yang dimiliki karbon aktif adalah dapat dibuat dari beragam jenis bahan yang mudah ditemukan di alam sekitar yang mengandung karbon seperti berbagai jenis biomassa yakni kayu, sekam padi, kulit durian (Zhu et al., 2012), residu alga blooming (Zhu et al., 2012), bahkan dari bahan limbah. Proses pembuatan yang relatif mudah dan biaya pembuatan yang relatif murah juga kelebihan lain dari adsorben karbon aktif. merupakan sumber nitrogen yang merupakan nutrisi utama pada tanaman. Urea seringkali masih banyak ditemukan dalam efluen buangan pabrik pupuk urea, dan di Indonesia keberadaan pabrik pupuk urea ini cukup banyak, ada 5 pabrik pupuk urea besar sebagai produsen pupuk urea dengan nilai produksi mencapai sekitar 6 juta ton/tahun secara keseluruhan. Dalam proses produksi urea akan dihasilkan air limbah sekitar 2,3 m<sup>3</sup>/ton urea (Swaminathan et al., 1984). Ini merupakan jumlah yang sangat besar yang dihasilkan setiap tahunnya begitu pula urea yang terbuang dalam air limbah. Selama ini proses pengolahan air limbah mengandung urea yang dihasilkan pabrik pupuk urea dilakukan dengan metode hidrolisis-stripping. Proses hidrolisis mendekomposisi urea menjadi ammonia dan gas karbon dioksida, kemudian proses stripping dilakukan untuk menyerap ammonia dengan air yang menghasilkan larutan ammonia dan gas karbon dioksida yang dilepas ke atmosfer. Proses seperti ini menghasilkan limbah baru yaitu efluen mengandung ammonia, yang walaupun dapat terdegradasi di lingkungan namun dalam konsentrasi tinggi dapat bersifat racun bagi makhluk hidup khususnya organisme perairan sedangkan gas karbon dioksida merupakan emisi bagi atmosfer yang masih memerlukan pengolahan tambahan agar tidak menjadi polusi baru di lingkungan. Berdasarkan sudut pandang ini, maka diperlukan alternatif metode pengolahan air limbah mengandung urea yang tidak menghasilkan limbah baru dan bahkan dapat merecovery urea yang berharga sehingga dapat digunakan Kembali sebagai nutrient bagi tanaman. Penelitian mengenai recovery urea dalam cairan yang telah dilakukan sebelumnya (Evila & Amrullah, 2019) menggunakan karbon aktif komersial yang berasal dari tempurung kelapa. Penelitian ini hendak menyelidiki penjerapan urea dalam cairan (aqueous solution) oleh karbon berpori yang dibuat dari kayu bakar yang dipirolisis. Penelitian ini menyajikan alternatif bahan baku adsorben yang lebih murah dibandingkan dengan tempurung kelapa untuk merecovery urea dalam cairan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pembuatan Karbon Aktif

Bahan baku karbon aktif adalah arang kayu bakar yang diperoleh dari Pasar Legi, Surakarta, Indonesia. Arang kayu diperkecil ukurannya dan diayak dengan ayakan sehingga diperoleh ukuran butiran dengan diameter 1 cm. Butiran kemudian dibakar secara pirolisis dengan furnace dalam kondisi bebas oksigen menggunakan aliran gas inert ( $N_2$ ) pada tekanan alir yang dijaga stabil pada 20 mmHg dengan range suhu pembakaran 400 – 700 selama 1 jam. Karbon aktif hasil pirolisis direbus dalam  $H_2O$  bebas ion dan dibilas hingga air pencuci ( $H_2O$  bebas ion) jernih. Karbon aktif kemudian dikeringkan dengan oven dengan suhu 110 °C selama 6-8 jam sebelum digunakan untuk proses adsorpsi.

### 2.2. Proses Adsorpsi

Larutan simulasi dibuat dengan melarutkan urea pro analitik dengan akuades dalam berbagai konsentrasi yaitu 500, 1000, 2000, 4000, 6000, 8000, 10000, 20000, 30000, dan 50000 mg/L. Sebanyak 50 mL larutan simulasi untuk setiap konsentrasi dimasukkan ke dalam botol kaca berukuran 120 mL. Karbon aktif ditambahkan sebanyak 0,5 gram ke dalam larutan. Proses adsorpsi dilakukan dengan menggoyang botol menggunakan shaker waterbath dengan kecepatan 180 rpm selama 24 jam.

### 2.3. Analisis Hasil Adsorpsi

Larutan dikeluarkan dari shaker waterbath dan karbon aktif dipisahkan dari larutan dengan penyaringan menggunakan kertas sharing. Larutan dianalisis dengan alat Spektrofotometer UV-Vis menggunakan reagen paradimetil aminobenzaldehid dan panjang gelombang 436 nm. Karakterisasi karbon aktif dilakukan dengan metode BET dengan alat analisis Nova 2000, penentuan distribusi ukuran pori dilakukan dengan metode t-plot.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Karakterisasi karbon aktif

Analisis karakterisasi karbon aktif digunakan untuk mengetahui distribusi pori yang dimiliki karbon aktif hasil pirolisis arang kayu bakar, luas permukaan, volume pori, dan diameter pori rata-rata. Gambar 1 merupakan grafik distribusi ukuran pori dari karbon aktif. Frekuensi terbesar dari volum pori dihasilkan pada diameter 3,8 – 4 Å ini menunjukkan bahwa pori karbon aktif dari arang kayu bakar ini sebagian besar berupa mikropori (< 20 Å), dengan luas permukaan 484 m<sup>2</sup>/g, volume pori 0,24 m<sup>3</sup>/g dan diameter rata-rata pori 10,06 Å.

Luas permukaan karbon aktif ini relative kecil, sedikit di bawah standar adsorben karbon aktif secara umum (Bandosz & Petit, 2009), namun memiliki diameter rata-rata pori yang mampu mengakomodasi proses penjerapan molekul urea yang memiliki dimensi diprediksi sekitar 5,6 Å x 6,3 Å x 3 Å (Cheah et al., 2016) artinya ukuran pori karbon aktif mampu dimasuki molekul urea pada saat proses penjerapan. Volume pori sebesar 0,24 m<sup>3</sup>/g hampir mendekati besarnya volume pori karbon aktif tempurung kelapa komersial yang besarnya

sekitar 0,37 m<sup>3</sup>/g artinya volume yang dimiliki karbon aktif arang kayu berpotensi menjerap molekul urea seperti halnya karbon aktif komersial dari tempurung kelapa.

### 3.2. Kapasitas adsorpsi dan persentase penjerapan urea

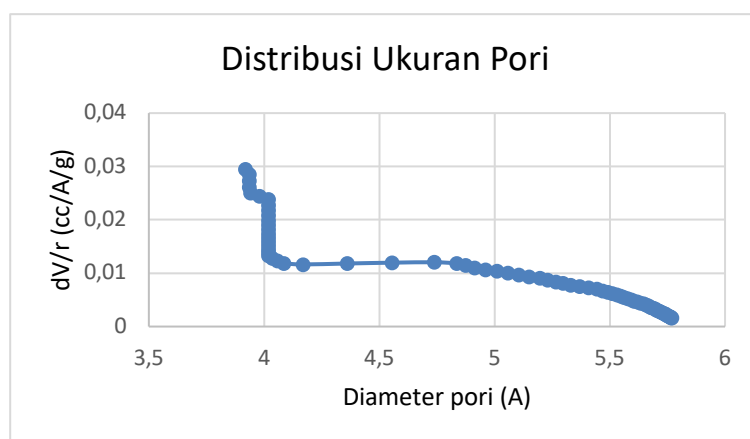
Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan penentuan lebih dahulu isotherm adsorpsi. Persamaan isotherm adsorpsi yang dipakai untuk penentuan isotherm adsorpsi urea adalah perasamaan linier (persamaan 1), persamaan Freundlich (persamaan 2), dan persamaan Halsey (persamaan 3) dengan rumus persamaan sebagai berikut :

$$C_{\mu} = K \cdot C_e \dots\dots\dots(1)$$

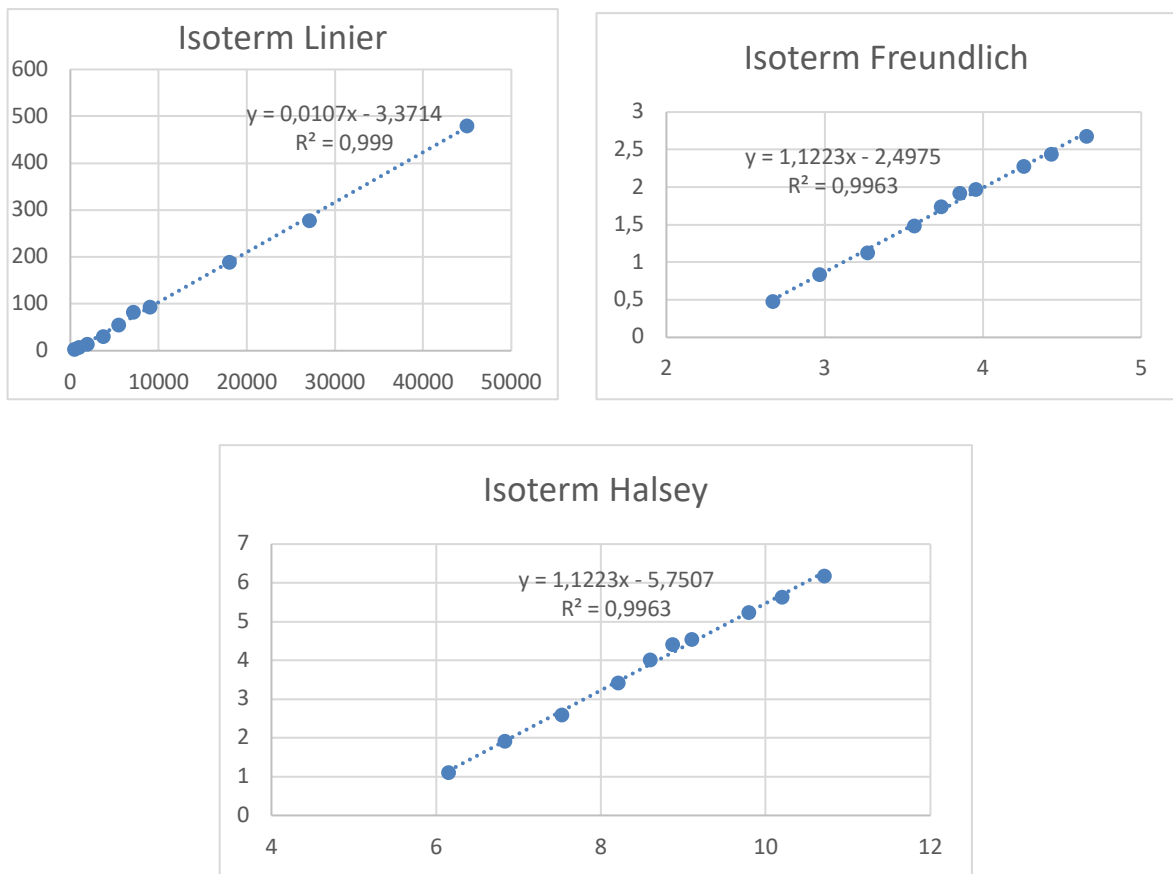
$$\log C_{\mu} = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(2)$$

$$\ln C_{\mu} = \left[ \frac{1}{n} \ln K \right] - \frac{1}{n} \ln C_e \dots\dots\dots(3)$$

Dari ketiga persamaan isotherm ini, nilai R<sup>2</sup> yang paling mendekati 1 diberikan oleh persamaan linier, sehingga isotherm adsorpsi yang paling sesuai untuk menyatakan adsorpsi urea dalam karbon aktif arang kayu adalah isotherm linier. Adsorpsi yang terjadi pada karbon aktif arang kayu bersifat multilayer dengan konsentrasi solute teradsorpsi yang makin besar dengan meningkatnya konsentrasi solute (urea) dalam cairan mulai dari 3,026 mg urea/g adsorben pada konsentrasi urea 500 mg/L cairan hingga 479 mg urea/g adsorben pada konsentrasi urea 50000 mg/L cairan dengan persentase penjerapan urea dari cairan rata-rata sebesar 8,8 % v/v. Hasil ini menunjukkan bahwa karbon aktif dari arang kayu mampu menjerap molekul urea dalam cairan yang kemampuannya mendekati penjerapan karbon aktif komersial dari tempurung kelapa yang sebesar 9,3 % v/v. Proses pirolisis mengubah struktur morfologi permukaan arang kayu bakar dengan menciptakan mikropori dengan volume yang relative besar namun dengan ukuran diameter pori yang mampu mengakomodasi terjadinya penjerapan molekul urea pada permukaannya.



Gambar 1. Kurva distribusi ukuran pori karbon aktif kayu bakar



**Gambar 2.** Kurva isotherm linier, Freundlich, dan Halsey adsorpsi urea pada karbon aktif kayu bakar

**Tabel 1.** Persentase penjerapan urea oleh karbon aktif kayu bakar

Ci (mg/L)	Ce (mg/L)	V (ml)	m (g)	C $\mu$ (mg/g)	Uptake (%)
100	105,4764	50	0,501	-0,54654	-5,4764
500	469,3173	50	0,507	3,025904	6,1365
1000	930,6827	50	0,509	6,809168	6,9317
2000	1860,915	50	0,521	13,34787	6,9542
4000	3680,12	50	0,522	30,63984	7,9970
6000	5424,306	50	0,524	54,93263	9,5949
8000	7134,734	50	0,524	82,56358	10,8158
10000	9006,752	50	0,532	93,35041	9,9325
20000	18009	50	0,527	188,8992	9,9550
30000	27048,76	50	0,531	277,8943	9,8375
50000	44903,23	50	0,532	479,0201	10,1935

#### 4. KESIMPULAN

Kayu bakar yang dipirolisis akan menghasilkan material adsorben yang memiliki memiliki luas permukaan yang besar karena pembentukan jaringan mikropori di permukaan bahan. Diameter pori yang lebih besar dari dimensi molekul urea memungkinkan penjerapan dapat terjadi. Persentase penjerapan urea oleh karbon aktif yang menyatakan kapasitas adsorpsi dalam satuan persen besarnya hampir sama dengan yang dimiliki oleh karbon aktif komersial dari tempurung kelapa persentase. Hal ini membuka peluang bagi pembuatan karbon aktif dari bahan baku lainnya untuk memperoleh adsorben yang murah namun berkemampuan untuk mengambil zat berharga seperti urea dari cairan limbah yang dihasilkan pabrik pupuk urea untuk dimanfaatkan bagi pemupukan tanaman.

#### SARAN

Kemampuan penjerapan urea menggunakan karbon aktif perlu dikembangkan untuk peningkatan kapasitas adsorpsi dengan penambahan gugus fungsi permukaan yang dapat memperbesar affinitas terhadap adsorbat urea dan meningkatkan kapasitas adsorpsi secara keseluruhan. Karbon aktif yang menjerap urea perlu diteliti lebih lanjut dalam pengaplikasiannya pada tanaman sehingga dapat dikembangkan sebagai penyimpan nutrisi atau pupuk lepas lambat yang efisien dan murah.

#### PENGHARGAAN

Laboratorium Polimer Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah memfasilitasi proses pirolisis arang kayu bakar

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bandosz, T. J., & Petit, C. (2009). On the reactive adsorption of ammonia on activated carbons modified by impregnation with inorganic compounds. *Journal of Colloid and Interface Science*, 338(2), 329–345. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2009.06.039>
- Cheah, W. K., Sim, Y. L., & Yeoh, F. Y. (2016). Amine-functionalized mesoporous silica for urea adsorption. *Materials Chemistry and Physics*, 175, 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2016.03.007>
- Evila, T., & Amrullah, S. (2019). Kinetika Desorpsi Urea Dari Karbon Berpori Teroksidasi Asam Sulfat Sebagai Slow Release Fertilizer. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*. <https://doi.org/10.35970/jppl.v1i01.44>
- Swaminathan, S., Craven, B. M., & McMullan, R. K. (1984). The crystal structure and molecular thermal motion of urea at 12, 60 and 123 K from neutron diffraction. *Acta Crystallographica Section B*, 40(3), 300–306. <https://doi.org/10.1107/S0108768184002135>
- Zhu, K., Fu, H., Zhang, J., Lv, X., Tang, J., & Xu, X. (2012). Studies on removal of NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N from aqueous solution by using the activated carbons derived from rice husk. *Biomass and*

*Bioenergy*, 43, 18–25. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.04.005>

