

Pengaruh pH pada Adsorpsi Ion Cd^{2+} dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (*Samanea saman*)

Vella Carella Wijaya dan Ita Ulfin

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: itau@chem.its.ac.id

Abstrak— Adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi telah dilakukan. Biji trembesi (*Samanea saman*) dikarbonisasi dan diaktivasi dengan asam fosfat (H_3PO_4) untuk mengurangi kadar ion Cd^{2+} dalam larutan. Adsorpsi dilakukan dengan metode *batch* dengan 2 g/L karbon aktif dengan mengetahui pH adsorbat. Hasil yang diperoleh yaitu pH optimum proses adsorpsi ion Cd^{2+} terjadi pada pH 7 dengan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi sebesar 97,11%.

Kata Kunci—adsorpsi, aktivator H_3PO_4 , biji trembesi, ion Cd^{2+} , karbon aktif.

I. PENDAHULUAN

LINGKUNGAN merupakan salah satu komponen yang sangat penting di kehidupan karena merupakan habitat bagi semua makhluk hidup. Keadaan lingkungan sangat mempengaruhi kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya. Apabila terjadi masalah pada lingkungan, maka seluruh komponen di dalamnya akan terganggu dan menjadi tidak seimbang. Oleh karena itu, permasalahan lingkungan menjadi masalah yang kompleks saat ini. Salah satu penyebab dari permasalahan lingkungan saat ini adalah meningkatnya industri-industri penghasil limbah cair yang mengandung logam berat yang memiliki efek buruk bagi makhluk hidup dan lingkungan.

Logam berat merupakan unsur-unsur kimia yang memiliki bobot jenis $> 5 \text{ gr/cm}^3$ [1]. Logam berat dalam jumlah tertentu yang terkandung dalam limbah hasil buangan industri dapat mengakibatkan efek biotoksik dan menimbulkan penyakit akut maupun kronis. Badan Perlindungan Amerika Serikat (*United States Environment Protection Agency*) mengklasifikasikan beberapa logam berat dalam daftar “*Top 20 Hazardous Substance Priority List*” salah satunya adalah Cd pada peringkat tujuh [2]. Cd merupakan salah satu logam berat yang bersifat karsinogen bagi manusia. Cd dapat terakumulasi pada ginjal dan dapat menyebabkan disfungsi organ ginjal. Selain itu, Cd juga dapat mengganggu sistem rangka manusia karena menyebabkan osteoporosis dan juga menyebabkan kanker paru-paru [3].

Banyak upaya yang telah dilakukan untuk mengurangi pencemaran akibat logam Cd. Salah satunya adalah dengan menggunakan karbon aktif sebagai adsorben. Seperti yang telah diteliti sebelumnya oleh Ahn dkk., (2009) yang

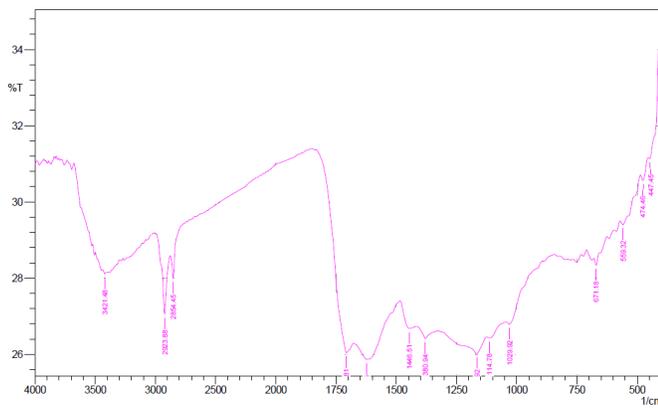
menggunakan karbon aktif komersial yang diaktivasi dengan HNO_3 dengan bantuan surfaktan [4]. Selain karbon aktif komersial, banyak penelitian yang membuat karbon aktif dari material alam. Karbon aktif yang terbuat dari material alam biasa disebut dengan biosorben. Selain ramah lingkungan, biosorben juga lebih murah dibandingkan dengan karbon aktif komersial sehingga banyak penelitian yang menggunakan biosorben untuk mengadsorpsi logam berat. Material alam yang dapat dibuat karbon aktif adalah kulit kacang. Karbon aktif tersebut diaktivasi dengan gas SO_2 [5] dan penelitian yang dilakukan oleh Fadilah (2013) menggunakan karbon aktif dari tempurung biji nyamplung sebagai adsorben logam Cd dalam larutan [6].

Biji trembesi merupakan salah satu bagian tanaman trembesi yang mengandung selulosa. Kandungan selulosa biji trembesi $\pm 32,47\%$. Kandungan selulosa biji trembesi tersebut lebih rendah dibandingkan dengan biji nyamplung. Hal ini berarti bahwa, biji trembesi perlu diuji apakah dapat dikonversi menjadi karbon aktif atau tidak dan perlu diuji pula kemampuan adsorpsinya. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan percobaan penurunan kadar ion Cd^{2+} dalam larutan dengan menggunakan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi dengan menggunakan aktivator H_3PO_4 . Diharapkan karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi ini memiliki kemampuan mengadsorpsi ion Cd^{2+} dengan baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} oleh karbon aktif biji trembesi serta untuk mengetahui proses desorpsi ion Cd^{2+} menggunakan agen pendesorpsi air dan HCl.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pembuatan Karbon Aktif

Biji trembesi yang diperoleh dicuci menggunakan air hingga bersih kemudian dikeringkan pada suhu $110^\circ C$ hingga diperoleh massa yang konstan. Kemudian biji trembesi dihancurkan menggunakan *disk mill* dan diayak menggunakan ayakan mesh dengan no. 60-80. Serbuk halus yang lolos ayakan mesh no. 60 diaktivasi dengan H_3PO_4 selama 24 jam. Kemudian campuran disaring dan dicuci dengan aqua DM hingga pH filtratnya netral. Residu yang diperoleh dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu $110^\circ C$ selama 2 jam dan didinginkan pada suhu ruang. Setelah itu residu dikarbonisasi



Gambar. 1. Spektra IR karbon aktif biji trembesi.

dengan *furnace* pada suhu 300°C selama 45 menit dengan kenaikan suhu 10°C/menit.

B. Analisa Kadar Air

Karbon aktif yang dihasilkan dianalisa kadar airnya dengan cara ditimbang dan dimasukkan beberapa gram karbon aktif ke dalam cawan porselen. Kemudian karbon aktif dioven pada suhu 110°C selama 1 jam. Selanjutnya, karbon aktif yang telah dioven dimasukkan dalam desikator dan ditimbang massanya. Prosedur diatas dilakukan hingga diperoleh massa karbon aktif yang konstan.

C. Analisa Luas Permukaan

Larutan metilen biru 4 ppm diukur absorbansinya menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 500-700 nm untuk mengetahui panjang gelombang maksimum. Adsorpsi dilakukan pada 20 mL larutan metilen biru 100 ppm menggunakan 0,1 gram karbon aktif selama 15 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian larutan disaring dan filtratnya diuji menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum.

D. Adsorpsi Ion Cd^{2+} Dalam Larutan

Studi adsorpsi pengaruh pH dilakukan menggunakan $\pm 0,02$ gram karbon aktif biji trembesi yang dimasukkan ke dalam 10 mL larutan Cd^{2+} 50 mg/L yang telah diatur pH nya. Variasi pH larutan Cd^{2+} yang digunakan adalah pH asam hingga basa dengan penambahan larutan HNO_3 atau KOH . Proses adsorpsi oleh karbon aktif dilakukan selama 60 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Larutan disaring dan filtratnya dianalisis untuk mengetahui kadar kadmium (Cd^{2+}) yang tidak teradsorpsi menggunakan SSA dengan panjang gelombang 228,80 nm.

E. Desorpsi Ion Cd^{2+}

Karbon aktif yang telah digunakan untuk adsorpsi, didesorpsi menggunakan aqua DM, HCl 4N dan HCl 1N. Proses desorpsi dilakukan selama 90 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm. Larutan hasil desorpsi disaring dan filtratnya didestruksi dengan sedikit HNO_3 65%, kemudian diencerkan dalam labu ukur 10 mL hingga tanda batas dengan menggunakan HNO_3 1%. Filtrat yang telah didestruksi kembali diuji menggunakan SSA dengan

panjang gelombang 228,80 nm untuk mengetahui jumlah kadmium (Cd^{2+}) yang lepas.

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pembuatan Karbon Aktif dan Karakterisasi

Karbon aktif yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari biji trembesi. Biji trembesi melalui tiga tahap pembuatan karbon aktif yaitu preparasi sampel, aktivasi dan karbonisasi. Aktivator yang digunakan adalah asam fosfat (H_3PO_4). Proses karbonisasi biji trembesi dilakukan pada suhu 300°C selama 45 menit.

Karakterisasi karbon aktif biji trembesi meliputi analisa kadar air, gugus fungsi dan luas permukaan. Analisis kadar air dilakukan dengan metode gravimetri, yakni dengan cara memanaskan karbon aktif pada suhu 110°C hingga diperoleh massa karbon aktif yang konstan. Kadar air karbon aktif yang terbuat dari biji trembesi adalah 0,28%. Syarat kadar air karbon aktif dalam bentuk serbuk menurut SNI (1995) adalah 15%. Sehingga karbon aktif dari biji trembesi memenuhi SNI. Gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif dari biji trembesi diidentifikasi menggunakan spektrofotometer inframerah transformasi fourier (FTIR) sehingga menghasilkan spektra inframerah (IR) yang diinterpretasikan. Spektra IR pada gambar 1 menunjukkan adanya gugus C-O pada bilangan gelombang 1164,92 cm^{-1} , C=C pada 1623,95 cm^{-1} , C=O pada 1708,81 cm^{-1} , C-H pada 2854,45 dan 2923,88 cm^{-1} , dan N-H pada 3421,48 cm^{-1} . Vibrasi C-O di karbon aktif yang muncul pada 1164,92 cm^{-1} diindikasikan sebagai ikatan C-O-P yang terjadi akibat proses aktivasi oleh H_3PO_4 . Hal tersebut sama dengan penelitian yang dilakukan oleh Hadoun dkk., (2013) bahwa vibrasi C-O yang muncul pada 1160 cm^{-1} diindikasikan sebagai ikatan C-O-P [7]. Luas permukaan karbon aktif diperoleh melalui adsorpsi metilen biru menggunakan instrumen UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 665 nm. Karbon aktif biji trembesi memiliki luas permukaan sebesar 56,6331 m^2/g . Penelitian oleh Fadilah (2013) menganalisa luas permukaan karbon aktif dari biji nyamplung sebesar 61,339 m^2/g menggunakan metode BET [6]. Penelitian lain oleh Astuti dkk., (2012) menganalisa luas permukaan karbon aktif dari ban bekas dengan aktivasi fisika pada suhu 600°C menggunakan metode adsorpsi metilen biru menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan sebesar 64,5043 m^2/g [8].

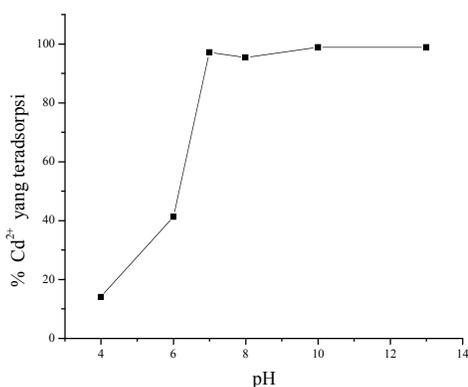
B. Pengaruh pH Terhadap Adsorpsi Ion Cd^{2+}

Proses adsorpsi dengan pengaruh pH dilakukan pada 10 mL larutan Cd^{2+} 50 mg/L pH 4, 6, 7, 8, 10, dan 13 dengan 0,02 gram karbon aktif biji trembesi. Adsorpsi dilakukan selama 60 menit menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm. Hasil adsorpsi ion Cd^{2+} ditunjukkan oleh grafik pada gambar 2. Pada pH asam yaitu pH 4, jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi kecil yaitu 14,09%. Pada pH 6 jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi mulai meningkat yaitu sebesar 41,32%. Peningkatan jumlah ion Cd^{2+} yang teradsorpsi terus terjadi pada pH 7 hingga pH 13. Kecilnya prosentase ion Cd^{2+} yang teradsorpsi

pada pH asam yaitu pH 4 dan 6 disebabkan oleh protonasi yang berlebihan pada permukaan karbon. Selain itu, pada pH <6 spesi ion Cd(II) yang terbentuk dalam larutan adalah Cd^{2+} sehingga terjadi persaingan antara proton dan muatan positif dari ion Cd^{2+} di permukaan karbon aktif yang menyebabkan kecilnya adsorpsi ion Cd^{2+} yang terjadi. Adsorpsi ion Cd^{2+} mengalami peningkatan pada pH 7 hingga 13. Hal ini dikarenakan berkurangnya kompetisi diantara proton (H^+) dan ion logam bermuatan positif (Cd^{2+}) di permukaan karbon aktif yang menghasilkan tolakan rendah terhadap ion Cd^{2+} , sehingga ion logam dapat dengan mudah terjerap dalam karbon aktif [9]. Penelitian lain menyatakan bahwa pada pH ≥ 8 ion Cd^{2+} akan teradsorpsi secara maksimal ke dalam karbon aktif [10]. Padahal sebenarnya selain terjadi proses adsorpsi, juga terjadi proses pengendapan dalam larutan. Pengaruh kondisi basa menyebabkan terbentuknya spesi hidroksi seperti $Cd(OH)_2$ yang mengendap dalam larutan. Pada penelitian ini telah diperoleh pH saat larutan Cd^{2+} 50 mg/L mengendap berdasarkan nilai Ksp pada pH 7,6. Oleh karena itu, penurunan kadar ion Cd^{2+} pada pH 8, 10 dan 13 tidak saja disebabkan oleh proses adsorpsi tetapi juga oleh proses pengendapan. Sehingga pada penelitian ini dipilih pH optimal yaitu pH 7 dengan prosentase ion Cd^{2+} teradsorpsi sebesar 97,11%.

C. Desorpsi Ion Cd^{2+}

Proses desorpsi ion Cd^{2+} dilakukan menggunakan agen pendesorpsi HCl 4N, HCl 1N, dan aqua DM. HCl 4N dapat mendesorpsi ion Cd^{2+} sebesar 54,62%, HCl 1N dapat mendesorpsi hingga 21,22% dan Aqua DM dapat mendesorpsi sebanyak 1,09%. Kemampuan HCl 4N sebagai agen pendesorpsi untuk melepas ion Cd^{2+} lebih baik dibandingkan dengan HCl 1N dan aqua DM. Kemampuan HCl 1N lebih baik dibandingkan dengan aqua DM. Agen pendesorpsi yang berupa asam kuat HCl 4N dan 1N dapat mendesorpsi ion Cd^{2+} lebih banyak dibandingkan dengan aqua DM. Hal ini berarti bahwa ikatan yang terjadi antara karbon aktif dari biji trembesi dengan ion Cd^{2+} merupakan ikatan kimia yang tidak dapat diputuskan hanya dengan menggunakan aqua DM saja tetapi harus diputus dengan asam kuat. Ikatan kimia yang terjadi disebabkan oleh adanya gugus karboksil di permukaan karbon aktif yang mendorong terjadinya peningkatan disosiasi asam



Gambar. 2. Grafik pengaruh pH terhadap adsorpsi ion Cd^{2+} dalam larutan.

dan kelat sehingga dapat membentuk kompleks ion logam-gugus fungsi [10]. Kemampuan HCl untuk mendesorpsi ion Cd^{2+} dipengaruhi oleh konsentrasinya. HCl 4N dapat mendesorpsi ion Cd^{2+} lebih banyak dibandingkan dengan HCl 1N karena semakin besar konsentrasi asam semakin kuat pula kemampuannya untuk memutus ikatan kimia. Sedangkan aqua DM sebagai agen pendesorpsi hanya mampu mendesorpsi sedikit ion Cd^{2+} saja. Sejumlah ion Cd^{2+} yang dapat terdesorpsi oleh aqua DM diperkirakan berikatan dengan karbon aktif secara fisika yaitu terjadi gaya *van der waals* antara karbon aktif dengan ion Cd^{2+} . Gaya *van der waals* merupakan ikatan yang lemah sehingga dapat putus hanya dengan menggunakan aqua DM. Hal tersebut didukung oleh penelitian Fadilah (2013) yang menyatakan bahwa prosentase ion Cd^{2+} yang terdesorpsi oleh air hanya 11,80% [6].

Hasil analisa desorpsi menunjukkan bahwa proses adsorpsi ion Cd^{2+} menggunakan karbon aktif dari biji trembesi merupakan proses adsorpsi secara kemisorpsi dan fisisorpsi. Proses kemisorpsi terjadi antara ion Cd^{2+} dengan gugus fungsi pada permukaan karbon aktif. Sedangkan proses fisisorpsi merupakan ion Cd^{2+} yang terjerap dalam pori karbon aktif.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa adsorpsi ion Cd^{2+} optimum pada pH 7 dengan prosentase ion Cd^{2+} teradsorpsi sebesar 97,11% dan waktu kontak 90 menit dengan prosentase ion Cd^{2+} teradsorpsi sebesar sebesar 88,72%. Kondisi adsorpsi: konsentrasi larutan Cd^{2+} 50 mg/L, dosis adsorben 2 g/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada ketua jurusan Kimia, ketua laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik, para dosen Kimia dan para analis atas bantuannya selama penelitian. Terima kasih kepada keluarga dan teman - teman yang setia memberi dukungan dan doa.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barus T. A. (2004) Pengantar Limnologi: Studi Tentang Ekosistem Air Daratan. *Program Studi Biol. FMIPA USU*.
- [2] Ghifari A. S. (2011) Biosorpsi Logam Berat Di Lingkungan Akuatik Menggunakan Limbah Sekam Padi (*Oryza Sativa L.*) Sebagai Biosorben. *Sains Teknol. Kesehatan*.
- [3] WHO (2010) Exposure To Cadmium : A Major Public Health Concern. *Public Health Environ*.
- [4] Ahn C. K., Kim Y. M., Woo S. H. and Park J. M. (2009) Removal of cadmium using acid-treated activated carbon in the presence of nonionic and/or anionic surfactants. *Hydrometallurgy* **99**, 209–213.
- [5] Tajar A. F., Kaghazchi T. and Soleimani M. (2009) Adsorption of cadmium from aqueous solutions on sulfurized activated carbon prepared from nut shells. *J. Hazard. Mater.* **165**, 1159–1164.
- [6] Fadilah N. (2013) Penurunan Kadar Ion Cd^{2+} Dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif Dari Tempurung Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*). Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [7] Hadoun H., Sadaoui Z., Souami N., Sahel D. and Toumert I. (2013) Characterization of mesoporous carbon prepared from date stems by H_3PO_4 chemical activation. *Appl. Surf. Sci.* **280**, 1–7.

- [8] Astuti R. N., Prasetyo A. and Yudi A. (2012) Adsorpsi Metilen Blue Pada Karbon Aktif Dari Ban Bekas Dengan Variasi Konsentrasi NaCl Pada Suhu Pengaktifan 600°C dan 650°C. Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- [9] Kobyas M., Demirbas E., Senturk E. and Ince M. (2005) Adsorption of heavy metal ions from aqueous solutions by activated carbon prepared from apricot stone. *Bioresour. Technol.* **96**, 1518–1521.
- [10] Gonzalez P. G. and Pliego Y. B. (2014) Adsorption of Cd(II), Hg (II) and Zn (II) from aqueous solution using mesoporous activated carbon produced from *Bambusa vulgaris striata*. *Chem. Eng. Res. Des.* **92**.