

PENGGUNAAN CAMPURAN ARANG AKTIF DENGAN ZEOLIT ALAM UNTUK ADSORPSI LOGAM TEMBAGA DAN SENG

USAGE OF MIXED ACTIVATED CARBON WITH NATURAL ZEOLITE FOR ADSORPTION COPPER AND ZINK

Rizki Nur Arifah dan Susila Kristianingrum
Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Yogyakarta
rizkinurarifah@gmail.com dan susila.k@uny.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter adsorben campuran arang aktif (AA) dan zeolit alam (ZA), mengetahui komposisi optimal AA-ZA, serta mengetahui efisiensi penjerapan (Ep) terhadap Cu dan Zn pada limbah elektroplating.

Subjeknya adalah karakter adsorben AA-ZA dan efisiensi penjerapan pada Cu dan Zn dalam limbah elektroplating dengan variasi komposisi AA:ZA adalah 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1. Variabel bebasnya adalah tipe ion logam dan variasi komposisi AA-ZA. Variabel terikatnya adalah karakter adsorben AA-ZA dan Efisiensi penjerapan. Variabel kontrolnya adalah pH, suhu, waktu kontak, kecepatan pengadukan, massa adsorben, dan volume adsorbat.

Hasil penelitian menunjukkan karakter adsorbensudah sesuai dengan SNI 06-3730-1995. Komposisi AA-ZA untuk Cu adalah 1:3 dan 1:1 untuk Zn dengan Ep 4,652289 dan 13,4079%. Analisis SEM-EDX menunjukkan bahwa logam Cu dan Zn sudah diadsorpsi oleh adsorben AA-ZA. Hasil SAA menunjukkan luas permukaan adsorben sebelum diaktivasi sebesar 69,880 m²/g dan setelah diaktivasi sebesar 241,042 m²/g.

Kata kunci: arang aktif, zeolit, adsorptivitas, Cu, Zn

Abstract

This research is aim to know the caracter of mixed active carbon (AA) and nature zeolit (ZA), the optimum composition AA-ZA, and the adsorption efficiency (Ep) for Cu and Zn in electroplating wastewater. The object were adsorbent character AA-ZA and adsorption efficiency on Cu and Zn in electroplating waste with variation of composition AA and ZA was 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1. The independent variables were metal ion type and composition variation AA-ZA. The dependent variable is the adsorbent character according SNI 06-3730-1995 and Ep. The control variables were pH, temperature, contact time, stirring rate, adsorbent mass, and adsorbate volume. The adsorben was successsfully syntheized and had fulfilledd SNI 06-3730-1995. The optimum composition AA-ZA in Cu adsorption was 1:3 and 1:1 for Zn with Ep 4,652289 and 13,4079%. Analysis by SEM-EDX show that Cu and Zn have been adsorpted by AA-ZAadsorbent. The surface area of adsorbent befor activation was 69.880 m²/g and after activation become 241,042 m²/g.

Keywords: active carbon, zeolite, adsorptivity, Cu, Zn

PENDAHULUAN

Perkembangan zaman telah mengubah kebutuhan masyarakat akan barang-barang elektronik, otomotif, kebutuhan rumah tangga, dan lain-lain menjadi meningkat. Kebutuhan masyarakat akan barang tersebut diimbangi dengan semakin meningkatnya industri-industri penghasil barang-barang kebutuhan masyarakat. Perkembangan industri diimbangi dengan semakin meningkatnya limbah yang dihasilkan oleh industri tersebut. Limbah dari proses elektroplating berupa logam berat dan termasuk limbah B3 (Bahan berbahaya dan beracun). Unsur-unsur logam seperti besi, kromium, seng, nikel, tembaga, dan mangan terdapat dalam limbah elektroplating (Nurhasni, Salimin, & Nurfitriyani, 2013).

Limbah cair elektroplating mengandung kadar anion dan kation yang masih cukup tinggi sehingga diperlukan pemanfaatan serta pengolahan (Marwati, Padmaningrum, Kristianingrum, & Sunarto, 2013). Ada tiga jenis logam berat yaitu logam beracun seperti Hg, Zn, Cr, Zn, Cu, Ni, Cu, As, Co, Sn. Logam mulia seperti Pd, Pt, Ag, Au, Ru. Radionuklida seperti U, Th, Ra, Am (Wang & Chen, 2006). Jadi, logam Zn dan Cu merupakan logam berat yang termasuk dalam limbah B3 yang dapat menyebabkan berbagai macam gangguan penyakit pada tubuh

manusia yang terpapar logam berat tersebut.

Karbon aktif merupakan senyawa karbon yang mempunyai struktur pori internal yang bersifat sebagai adsorben. Karbon aktif dihasilkan dari bahan alam yang mengandung arang seperti daun pandan laut. Luas permukaan karbon aktif biasanya 200 m²/gram. Pori internal dari karbon aktif dapat menjerap logam-logam berat yang berada di perairan. Banyaknya logam yang dapat dijerap oleh karbon aktif tergantung dengan luas permukaan karbon aktif itu sendiri (Soemirat, 2003). Begitu juga dengan zeolit yang memiliki struktur kerangka bepori terhubung ke segala arah sehingga menyebabkan permukaan zeolit menjadi sangat luas dan cocok digunakan sebagai penjerap.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Harihastuti, 2014) menyatakan bahwa pemurnian secara parsial tidak akan memurnikan pengotor sehingga harus dimurnikan secara terintegrasi antara adsorben karbon aktif dan zeolit. Oleh karena itu penggunaan arang aktif dari pandan laut yang terintegrasi dengan zeolit alam akan lebih efektif untuk digunakan sebagai penjerap logam berat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakter adsorben campuran arang aktif (AA) dan zeolit alam (ZA), mengetahui komposisi optimal adsorben

campuran arang aktif dan zeolit alam, serta mengetahui efisiensi penjerapan (Ep) terhadap ion logam Cu dan Zn pada limbah elektroplating.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Adsorben Campuran Arang Aktif dari Daun Pandan Laut dan Zeolit Alam

Pembuatan arang aktif dimulai dengan mengabukan daun pandan laut pada suhu 700°C selama 4 jam. Kemudian mengayak hingga berukuran 100 mesh dan diaktivasi menggunakan larutan HCl 2 M sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Setelah itu, arang dicuci dengan akuades sampai pH 7 dan dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 100°C. Zeolit alam yang sudah dihancurkan kemudian diaktivasi secara fisika, dilakukan dengan memanaskan zeolit selama 4 jam pada suhu 700°C. Zeolit yang sudah dipanaskan kemudian diayak hingga 100 mesh dan diaktivasi secara kimia dengan menggunakan HCl 2 M sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 24 jam. Zeolit kemudian dicuci dengan akuades sampai pH 7 dan dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 100°C. Adsorben arang aktif dan zeolit alam kemudian dicampurkan dengan perbandingan massa arang aktif dengan zeolit sebanyak 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, dan 3:1.

Karakterisasi Adsorben Campuran Arang Aktif dari Daun Pandan Laut dan Zeolit Alam

Karakterisasi adsorben dilakukan untuk mengetahui kesesuaian karakter arang aktif dari daun pandan laut dengan SNI No. 06-3730-1995 yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan daya serap terhadap iodium. Karakterisasi juga dilakukan menggunakan *surface area analyzer* untuk mengetahui luas permukaan pori adsorben.

Interaksi adsorben dengan ion logam

Sebanyak 1 gram adsorben dengan perbandingan arang aktif dengan zeolit alam sebanyak 1:0, 0:1, 1:1, 1:2, 1:3, 2:1, 3:1, dikontakkan dengan 100 ml limbah cair elektroplating selama 24 jam dan diaduk menggunakan pengaduk magnet. Setelah dikontakkan kemudian disaring menggunakan kertas saring. Filtrat kemudian dianalisis kandungan ion logam Cu dan Zn nya menggunakan Spektrofotometer serapan atom. Analisis struktur mikro dan kandungan material dari adsorben dilakukan dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-Ray (SEM-EDX).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan arang aktif dari daun pandan laut dilakukan dengan memotong daun pandan laut sampai kecil lalu

diabukan pada suhu 700°C selama 4 jam hingga menjadi arang. Pemanasan pada suhu tinggi bertujuan agar luas permukaan menjadi meningkat, karena pemanasan pada suhu tinggi akan mempengaruhi luas permukaan arang. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Kristianingrum et al. (2014). Setelah itu arang diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Proses pengayakan ini bertujuan agar ukuran arang aktif sama atau menghomogenkan ukuran serta memperluas permukaan. Sebab, semakin kecil ukuran suatu bahanakan semakin besar luas permukaannya. Setelah diperoleh ukuran arang yang sama kemudian arang diaktivasi menggunakan larutan HCl 2M selama 24 jam sambil digerakkan menggunakan *Shaker*. Aktivasi secara kimia bertujuan untuk memperbesar luas permukaan dengan cara mengalami hidrolisis dan oksidasi molekul-molekul, sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Siagian (2011). Proses berikutnya yaitu mencuci arang aktif menggunakan akuades sampai pH 7. Proses pencucian ini bertujuan untuk mengontrol pH adsorben serta supaya tidak terbentuk endapan. Setelah pH arang aktif menjadi 7 kemudian dikeringkan menggunakan oven selama 3 jam pada suhu 100°C, tujuannya selain untuk menghilangkan kandungan air juga untuk

menghilangkan pengotor yang terdapat pada arang.

Proses pembuatan adsorben zeolit alam aktif sama dengan arang aktif. Zeolit dihancurkan dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh kemudian dipanaskan pada suhu 700°C. Untuk menghilangkan pengotor Fe yang terdapat di dalam zeolit itu sendiri dilakukan dengan cara meletakkan serbuk zeolit alam di atas sebuah kertas, lalu pengotor Fe ditarik menggunakan batang magnet yang diletakkan di bawah kertas dan digerakkan.

Aktivasi yang dilakukan pertama adalah aktivasi secara fisika dengan memanaskan zeolit alam pada suhu 700°C selama 4 jam. Aktivasi ini bertujuan untuk menguapkan air yang terdapat dalam pori-pori kristal zeolit sehingga luas permukaan zeolit ini menjadi bertambah (Atikah, 2017). Aktivasi secara kimia dilakukan dengan menggunakan larutan HCl 2 M. Zeolit alam direndam dengan larutan HCl 2 M selama 24 jam sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet. Aktivasi dilakukan untuk membersihkan permukaan pori, menghilangkan senyawa pengotor, serta mengatur posisi atom yang akan ditukar. HCl akan melarutkan logam-logam alkali yang menutup rongga pori zeolit seperti Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , dan Mg^+ . Larutan HCl akan memberikan karion H^+ dalam ruang interlaminer sehingga permukaan zeolit menjadi lebih aktif

ukurannya menjadi tidak kompak. Luas permukaan zeolit kurang lebih 300 – 700 m²/g (Taslim, Meilia, & Taruna, 2016). Sedangkan luas permukaan arang aktif sekitar 200 m²/g (Soemirat, 2003).

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa terdapat komponen berupa karbon, silika, oksigen. Dimana jumlah silika dan oksigen jauh lebih banyak dibandingkan dengan jumlah karbon yang terdapat di dalam adsorben. Hal tersebut menunjukkan bahwa komposisi arang aktif dengan zeolit sebesar 1 : 3. Selain komponen tersebut terdapat juga logam-logam seperti Zn, Cu, Ag, Sn, Cd, Co, Ni, Cr, dan Pb. Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa logam Cu dan Zn sudah teradsorpsi ke dalam adsorben. Selain kedua logam itu, logam-logam lain juga teradsorpsi sehingga efisiensi adsorpsi untuk logam Cu dan Zn menjadi kecil.

Luas permukaan yang diperoleh berdasarkan analisis menggunakan *surface area analyzer* untuk adsorben sebelum aktivasi sebesar 69,880 m²/g. Untuk adsorben yang sudah diaktivasi luas permukaannya sebesar 241,042 m²/g. Luas permukaan adsorben setelah diaktivasi jauh lebih besar dibandingkan dengan adsorben yang belum diaktivasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses aktivasi menyebabkan luas permukaan adsorben

meningkat. Berdasarkan analisis menggunakan SAA, adsorben campuran arang aktif dan zeolit alam pada penelitian ini dikategorikan mikropori dengan kisaran 100-1000 m²/g (Smisek & Cerny, 1970).

Efisiensi Adsorpsi Adsorben

Efisiensi penjerapan logam Cu pada limbah elektroplating paling banyak 4,652289 %, dengan kapasitas adsorpsi terhadap ion logam Cu sebesar 0,6243 ppm. Kapasitas adsorpsi adsorben terhadap ion logam Cu lebih besar dari pada kapasitas adsorpsi adsorben terhadap ion logam Zn. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya jari-jari masing-masing ion logam. Besarnya jari-jari ion logam Cu²⁺ dan Zn²⁺ berturut-turut adalah 73 pm dan 74 pm (Sugiyarto, 2003). Semakin kecil jari-jari atom suatu logam maka semakin besar harga energi ionisasinya. Harga ionisasi ini berpengaruh terhadap kemampuan ion logam untuk melepaskan elektron, semakin besar harga energi ionisasinya maka semakin sulit untuk melepaskan elektron. Jika suatu ion logam sulit untuk melepaskan elektron berarti kekuatan ikatan ion logam tersebut semakin kecil sehingga semakin mudah terjerap (Tanindya & Dina, 2014).

Efisiensi penjerapan ion logam Zn pada limbah elektroplating optimal pada perbandingan 1:1, efisiensi penjerapannya sebesar 13,40791% dengan kapasitas

adsorpsi terhadap ion logam Zn sebanyak 0,35 ppm. Ion logam Zn yang diadsorpsi oleh adsorben lebih sedikit dibandingkan dengan ion logam Cu yang diadsorpsi oleh adsorben. Hal ini berkaitan dengan besarnya jari-jari ion logam Cu dan Zn tersebut. Jari-jari ion logam Cu sebesar 73 pm sedangkan jari-jari ion logam Zn sebesar 74 pm. Hal ini dipengaruhi oleh besarnya jari-jari masing-masing ion logam. Besarnya jari-jari ion logam Cu^{2+} dan Zn^{2+} berturut-turut adalah 73 pm dan 74 pm (Sugiyarto, 2003). Semakin besar jari-jari atom suatu logam maka semakin kecil harga energi ionisasinya. Harga ionisasi ini berpengaruh terhadap kemampuan ion logam untuk melepaskan elektron, semakin kecil harga energi ionisasinya maka semakin mudah untuk melepaskan elektron. Jika suatu ion logam mudah untuk melepaskan elektron berarti kekuatan ikatan ion logam tersebut semakin besar sehingga semakin susah terjerap (Tanindya & Dina, 2014).

Namun hasil ini masih jauh dari hasil penelitian-penelitian sebelumnya. Hal ini dapat disebabkan karena limbah yang digunakan merupakan limbah elektroplating asli yang diambil dari industri dan belum dipisahkan tiap logam yang terdapat di dalamnya. Sehingga di dalam limbah cair elektroplating tersebut terdapat berbagai macam logam lainnya seperti Cr, Fe, Co, Ni, Ag, Cd, Sn,

dan Pb. Ion-ion logam tersebut juga ikut teradsorpsi dalam adsorben seperti ditunjukkan dalam Gambar 2, sehingga efisiensi adsorpsi ion logam Cu dan Zn menjadi kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Karakteristik adsorben arang aktif dari daun pandan laut yang meliputi kadar air, kadar abu, kadar volatil, dan kadar karbon telah sesuai dengan standar kualitas karbon aktif menurut SNI No. 06-3730-1995. Berdasarkan analisis menggunakan SEM-EDX, adsorben campuran arang aktif dan zeolit alam perbandingan 1 : 3 terlihat memiliki pori dan mengandung karbon serta silika dan oksigen. Dimana jumlah karbon hampir 1/3 dari jumlah silika dan oksigen yang merupakan komponen dari zeolit. Karakterisasi menggunakan SAA menunjukkan luas permukaan adsorben sebelum aktivasi sebesar 69,880 m²/g dan luas permukaan adsorben setelah aktivasi sebesar 241,042 m²/g.
2. Komposisi massa adsorben campuran yang optimum terhadap efisiensi penjerapan logam Cu adalah perbandingan arang aktif dan zeolit alam 1 : 3.

3. Komposisi massa adsorben campuran yang optimum terhadap efisiensi penjerapan logam Zn adalah perbandingan arang aktif dan zeolit alam 1 : 1.
4. Efisiensi adsorpsi dari adsorben campuran arang aktif dan zeolit alam yang optimal terhadap logam Cu adalah 4,652289%.
5. Efisiensi adsorpsi dari adsorben campuran arang aktif dan zeolit alam yang optimal terhadap logam Cu adalah 13,40791%.

DAFTAR PUSTAKA

- Atikah, W. S. (2017). Potensi Zeolite Gunung Kidul Teraktivasi Sebagai Media Adsorben Pewarna Tekstil. *Arena Tekstil*, 32(1), 17–24.
- Harihastuti, N. (2014). Studi of Activated Carbon and Zeolite Integrated Application, 65–72.
- Kristianingrum, S., Siswani, E. D., & Fillaeali, A. (2014). Optimasi kondisi pada sintesis biosorben dari pandan laut dan uji adsorptivitasnya terhadap ion logam kromium dan timbal dalam berbagai macam limbah adsorptivity test on chromium and lead metal ions in different kinds of waste). *Journal Sains Dasar*, 3(1), 48–55.
- Marwati, S., Padmaningrum, R. T., Kristianingrum, S., & Sunarto. (2013). Pengaruh Konsentrasi Formaldehid sebagai Agen Pereduksi Terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Ag⁺ dalam Limbah Cair Elektroplating. *Jurnal Sains Dasar*, 2(1), 41–47.
- Siagian, H. (2011). Studi pembuatan adsorben dari zeolit alam campur arang aktif tongkol jagung.pdf, 3(4), 65–73.
- Smisek, M., & Cerny, S. (1970). *Active Carbon: Manufacture, properties, and application*. New York: Elsevier Publishing Company.
- Soemirat, J. (2003). *Toksikologi Lingkungan* (Cetakan pertama). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sugiyarto, K. H. (2003). *Kimia Anorganik II*. Yogyakarta: IMSTEP JICA.
- Tanindya, A., & Dina, A. L. C. (2014). Studi Kinetika Penjerapan Ion Kromium dan Ion Tembaga Menggunakan Ktosan Produk dari Cabgkang Kepiting. *Teknik Kimia Universitas Diponegoro*, 1–8.
- Taslim, Meilia, & Taruna, N. (2016). Treated waste cooking oil potential of natural zeolite and CaO from the chicken eggshells, 5(4), 15–20.
- Wang, Jianlong & Chen, Can. (2006). Biosorption of Heavy Metals by *Saccharomyces cerevisiae*: A review. *Biotechnology Advances*, 24, 427–451.