

ADSORPSI ION CU(II) MENGGUNAKAN PASIR LAUT TERAKTIVASI H₂SO₄ DAN TERSALUT Fe₂O₃

DS Pambudi[✉] AT Prasetya, W Sumarni

Jurusan Kimia, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 28 Januari 2014
Disetujui 15 Maret 2014
Dipublikasikan April 2014

Keywords:

adsorption; copper metal ions; sea sand

Abstrak

Pasir laut merupakan bahan alam yang melimpah. Selain digunakan sebagai bahan bangunan, pasir dapat dimanfaatkan sebagai penjerap ion logam berat mengingat 30% lebih dari volumenya adalah pori-pori. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kapasitas adsorpsi ion logam Cu(II) menggunakan pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H₂SO₄, pasir laut tersalut Fe₂O₃, serta pasir laut teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃. Ada dua macam pasir laut yang digunakan, yaitu pasir hitam dan pasir putih. Kajian yang dilakukan meliputi optimasi adsorben pada variasi pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak. Optimasi pH diperoleh pada pH 7, optimasi konsentrasi ion logam diperoleh 250 ppm untuk pasir hitam dan 200 ppm untuk pasir putih, dan optimasi waktu diperoleh 60 menit untuk pasir hitam dan 90 menit untuk pasir putih. Kapasitas adsorpsi pasir laut teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃ dalam menyerap ion logam tembaga sebesar 24,8634 mg/g untuk pasir hitam dan 19,8854 mg/g untuk pasir putih. Sebanyak 6,5 g pasir hitam teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃ digunakan untuk menyerap limbah pada konsentrasi Cu(II) sebesar 2960,32 ppm dengan persentase teradsorpsi sebesar 94,70%. Sedangkan pada pasir putih teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃, sebanyak 8 g pasir digunakan untuk menyerap limbah dengan konsentrasi Cu(II) sebesar 2984,13 ppm, hasilnya menunjukkan 92,56% ion logam Cu(II) teradsorpsi.

Abstract

Sea sand is abundant natural materials. In addition to be used as a building material, sand can be utilized as heavy metal ion adsorbent, because it has quite a lot of pores, i.e 30% more than its volume. The purpose of this study was to determine the adsorption capacity of Cu(II) ions using sea sand alone as control, H₂SO₄-activated sea sand, Fe₂O₃-coated sea sand, as well as H₂SO₄-activated and Fe₂O₃-coated sea sand. Two kinds of sea sand have been used in the research, i.e the black sand and the white sand. Studies were performed to examine the optimization of the adsorbent at various pH levels, metal ion concentrations, and adsorption contact time. The optimization of pH was obtained at pH 7, metal ion concentrations was obtained at 250 ppm in the black sand and 200 ppm in the white sand, and the optimization of contact time was 60 minutes for the black sand and 90 minutes for the white sand. The adsorption capacity of the H₂SO₄-activated and Fe₂O₃-coated sea sand to absorb copper ions was 24.8634 mg/g for the black sand and 19.8854 mg/g for the white sand. A total of 6.5 g of H₂SO₄-activated and Fe₂O₃-coated black sand were used to adsorb waste at 2960.32 ppm of Cu(II) concentration with the adsorbance percentage of 94.70%. Whereas a total of 8 g of H₂SO₄-activated and Fe₂O₃-coated white sand can adsorb waste with concentration of Cu(II) at 2984.13 ppm, and as much as 92.56% of Cu (II) metal ions were adsorbed.

© 2014 Universitas Negeri Semarang

[✉] Alamat korespondensi:

Gedung D6 Lantai 2, Kampus Unnes Sekaran,
Gunungpati, Semarang, 50229
E-mail: dwimas22@gmail.com

PENDAHULUAN

Pasir laut merupakan bahan alam yang memiliki banyak manfaat, salah satunya adalah sebagai adsorben logam berat. Satpathy & Chaudhuri (1997) menggunakan pasir sebagai penjerap (adsorben) logam berat yang terdapat pada limbah industri sebelum dibuang ke lingkungan perairan. Ion bermuatan negatif yang terdapat pada pasir laut akan bereaksi dengan ion bermuatan positif pada logam berat. Menurut Diantariani (2010), sebanyak 30% lebih dari volume pasir adalah pori-pori. Dengan adanya pori-pori ini, maka pasir sangat mendukung pemanfaatannya sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam-logam toksik. Sumerta (2001) memanfaatkan pasir galian C tersalut Fe_2O_3 sebagai adsorben logam Pb dan terjadi peningkatan kemampuan adsorpsi terhadap logam tersebut dibandingkan tanpa tersalut Fe_2O_3 .

Pemanfaatan pasir sebagai adsorben logam berat memiliki keuntungan ditinjau dari kelimpahannya di alam. Pasir yang terdapat di alam sangat beraneka ragam, salah satu contohnya yaitu pasir laut, baik yang berwarna hitam maupun yang berwarna putih. Pasir laut hitam dan pasir laut putih kemungkinan juga mempunyai kemampuan yang berbeda-beda dalam mengadsorpsi logam berat. Namun tanpa modifikasi terlebih dahulu tentunya kemampuannya sebagai penjerap kurang maksimal (Edwards & Bejamin 1989).

Widihati (2008) melakukan aktivasi batu pasir menggunakan larutan asam sulfat. Perlakuan aktivasi menggunakan larutan asam dapat melarutkan pengotor pada material tersebut sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka, akibatnya luas permukaan spesifik porinya meningkat. Sedangkan Satpathy & Chaudhuri (1997) memodifikasi batu pasir alam melalui Fe_2O_3 -coated (tersalut Fe_2O_3). Hasilnya, bahwa batu pasir tersalut Fe_2O_3 memiliki luas permukaan spesifik pori yang lebih besar daripada tanpa tersalut Fe_2O_3 . Batu pasir tersalut Fe_2O_3 dimanfaatkan sebagai adsorben limbah logam kadmium dan kromium.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penulis melakukan penelitian mengenai pasir laut yang diaktivasi asam sulfat dan disalut feri oksida

(Fe_2O_3) untuk menurunkan kadar ion logam Cu(II) dalam larutan. Kajian yang dilakukan meliputi optimasi adsorben pada variasi pH, konsentrasi ion logam, dan waktu kontak.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir laut warna hitam, pasir laut warna putih, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , HNO_3 , NaOH , HCl dengan *grade pro analyst* buatan Merck, dan aquades.

Pasir laut hitam dan pasir laut putih terlebih dahulu dibersihkan dengan aquades dan dikeringkan. Pasir ini direndam dengan asam nitrat 1% selama 24 jam, kemudian disaring dan dibilas dengan aquades sampai pH larutan netral. Pasir yang telah dibilas kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 12 jam (Dewi 2008). Aktivasi dilakukan dengan merendam 50 g pasir laut ke dalam 250 mL asam sulfat 4 N dan diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam. Pasir laut disaring dan residu yang didapat dicuci dengan air panas lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 110 - 120°C .

Pelapisan pasir laut dilakukan dengan menambahkan 5 g feri nitrat dan 25 mL aquades ke dalam 50 g pasir laut yang ditempatkan pada gelas kimia 50 mL. Kedua campuran tersebut diaduk selama 2 menit kemudian dikeringkan pada suhu 110 - 120°C selama 20 jam. Untuk menghilangkan endapan pengganggu, masing-masing pasir laut yang telah tersalut feri oksida dibilas dengan 50 mL aquades sebanyak 3 kali, kemudian dikeringkan kembali ke dalam oven pada suhu 110 - 120°C .

Penentuan pH optimum menggunakan metode Ramadhan (2005) dengan variasi pH 3, 5, 7, dan 9. Sebanyak 50 mL larutan Cu(II) 100 ppm dimasukkan ke dalam 16 buah erlenmeyer 100 mL. Setiap empat erlenmeyer diatur keasamannya pada pH 3, 5, 7, dan 9 dengan menambahkan asam klorida atau natrium hidroksida. Kemudian dimasukkan 0,5 g pasir laut masing-masing pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , pasir laut tersalut Fe_2O_3 , serta pasir laut teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 dalam masing-masing pH. Masing-masing tabung digojok selama 30 menit pada suhu kamar, disaring, diukur volume

filtratnya, kemudian filtrat tersebut dianalisis dengan alat SSA pada panjang gelombang 324,8 nm.

Penentuan konsentrasi optimum juga dilakukan pada kedua jenis pasir laut terhadap semua perlakuan, yaitu masing-masing pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , pasir laut tersalut Fe_2O_3 , serta pasir laut teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 . Sebanyak 50 mL larutan Cu(II) 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, dan 250 ppm dengan pH optimum dimasukkan ke dalam 16 buah erlenmeyer 100 mL. Kemudian dimasukkan 0,5 g pasir laut masing-masing pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , pasir laut tersalut Fe_2O_3 , serta pasir laut teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 pada setiap konsentrasi. Masing-masing digojok selama 30 menit, disaring, dan diukur volume filtratnya. Filtrat tersebut dianalisis dengan alat SSA pada panjang gelombang 324,8 nm (Ramadhan 2005).

Penentuan waktu optimum juga dilakukan pada kedua jenis pasir laut terhadap semua perlakuan, yaitu masing-masing pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , pasir laut tersalut Fe_2O_3 , serta pasir laut teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 . Sebanyak 50 mL larutan Cu(II) 100 ppm dengan pH dan konsentrasi optimum dimasukkan ke dalam 16 buah erlenmeyer 100 mL. Empat erlenmeyer diisi 0,5 g pasir laut kontrol, empat erlenmeyer diisi 0,5 g pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , empat erlenmeyer diisi 0,5 g pasir laut tersalut Fe_2O_3 , dan empat erlenmeyer lagi diisi 0,5 g pasir laut teraktivasi H_2SO_4 serta tersalut Fe_2O_3 . Penentuan waktu setimbang dilakukan dengan cara membuat waktu kontak selama 30, 60, 90, dan 120 menit untuk masing-masing erlenmeyer pada setiap perlakuan. Campuran diaduk selama 5 menit. Campuran digojok masing-masing selama 30, 60, 90, dan 120 menit kemudian larutan dipisahkan dari campuran dengan cara penyaringan. Filtrat yang diperoleh diukur absorbansinya dengan SSA pada panjang gelombang 324,8 nm.

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan menyediakan 8 buah labu Erlenmeyer 100 mL dan masing-masing diisi 50 mL larutan Cu(II) dengan konsentrasi dan pH optimum kemudian pada empat erlenmeyer dimasukkan 0,5 g pasir laut warna hitam, empat erlenmeyer lainnya

dimasukkan 0,5 g pasir laut warna putih. Campuran digojok selama waktu setimbang, disaring dan diukur volume filtratnya. Filtrat tersebut dianalisis dengan SSA pada panjang gelombang 324,8 nm.

Sampel air limbah *elektroplating* disaring kemudian diawetkan dengan menambahkan HNO_3 pekat sampai $pH < 2$. Sebanyak 100 mL sampel air limbah *elektroplating* yang sudah digojok homogen dimasukkan ke dalam gelas piala, ditambah 5 mL asam nitrat dan dipanaskan di pemanas listrik sampai larutan hampir kering. Kemudian ditambah 50 mL aquades, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL melalui kertas saring ditepatkan hingga 100 mL dengan aquades dan dianalisis dengan SSA (BSN, SNI 06-6989.6-2004). Pasir laut sebanyak 0,5 g dimasukkan dalam 50 mL sampel yang telah diketahui kadarnya pada preparasi sampel air limbah *elektroplating*, konsentrasi dan pH diatur pada kondisi yang memberikan serapan optimum, kemudian diaduk sampai batas waktu optimum. Larutan disaring dan tepatkan dalam labu ukur 50 mL, lalu dianalisis dengan SSA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses adsorpsi menggunakan pasir laut akan lebih optimal apabila dilakukan aktivasi menggunakan asam sulfat 4 N. Aktivasi ini dapat meningkatkan luas permukaan spesifik pori. Perlakuan aktivasi dengan menggunakan asam sulfat dapat melarutkan pengotor pada material tersebut sehingga mulut pori menjadi lebih terbuka sehingga luas permukaan spesifik pori meningkat. Hal ini berpengaruh terhadap daya adsorpsi, semakin meningkat luas permukaan spesifik pori maka daya adsorpsi akan semakin meningkat.

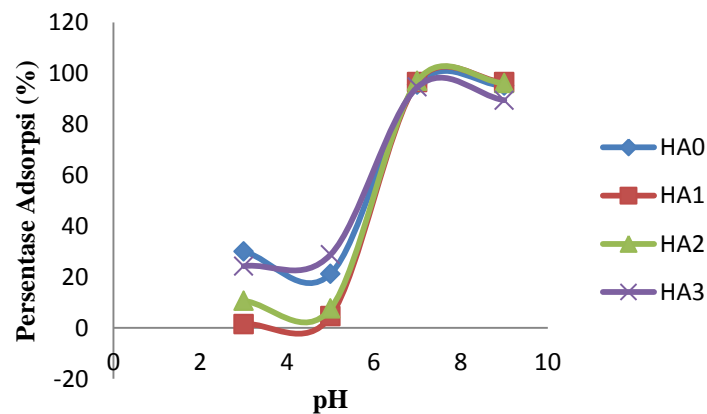
Proses lain yang dapat meningkatkan daya adsorpsi adalah dengan melapisi pasir laut menggunakan feri oksida. Pasir yang sudah bersih dan kering ditambahkan feri nitrat kemudian dipanaskan pada temperatur 110-120°C, maka feri nitrat akan menjadi feri oksida. Feri oksida yang terbentuk berwarna coklat kemerahan. Dengan pelapisan tersebut maka luas permukaan spesifik pori akan meningkat sehingga daya adsorpsi pasir laut akan meningkat.

Berbagai variasi telah memberikan informasi mengenai data yang optimum pada masing-masing adsorben pasir laut. Masing-masing pasir laut dilakukan empat macam variasi perlakuan, yaitu pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi asam sulfat saja, pasir laut tersalut feri oksida saja, dan pasir laut teraktivasi asam sulfat dan tersalut feri oksida.

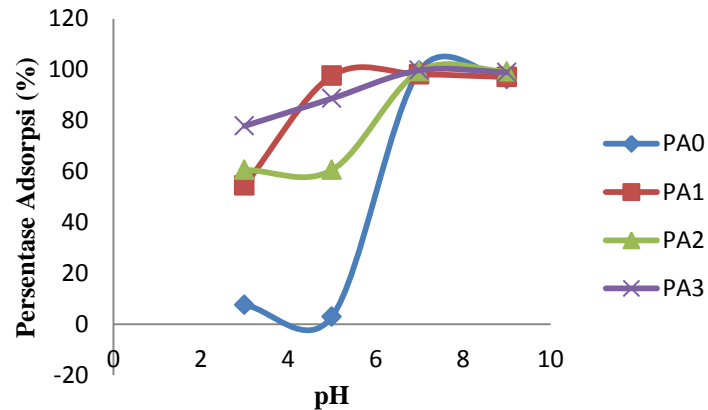
Proses adsorpsi Cu(II) dengan menggunakan adsorben pasir laut dipengaruhi oleh pH. Harga pH berpengaruh pada kelarutan ion logam dalam larutan, sehingga pH merupakan parameter yang penting dalam adsorpsi ion logam dalam larutan. Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui harga pH yang paling sesuai pada saat penyerapan logam Cu(II) oleh pasir laut mencapai kondisi optimal. Optimasi pH larutan tembaga terhadap penyerapan tembaga oleh adsorben pasir laut dilakukan pada pH 3, 5, 7, dan 9. Pemilihan nilai pH ini didasarkan pada kisaran nilai pH air limbah yang umum terjadi di perairan. Harga pH

yang terlalu rendah dihindari untuk mencegah terjadinya persaingan proton dengan ion logam. Sedangkan pH terlalu tinggi dihindari untuk mencegah terjadinya hidroksida logam yang mungkin terjadi.

Penentuan pH optimum dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu. Larutan Cu(II) sebesar 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm diukur adsorbansinya menggunakan SSA pada panjang gelombang 324,8 nm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $y=0,031x-0,005$ dengan $R^2 = 0,994$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam Cu(II) sisa yang terdapat dalam larutan setelah diinteraksikan dengan adsorben pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi H_2SO_4 , pasir laut tersalut Fe_2O_3 , serta pasir laut teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 . Data yang diperoleh setelah melakukan optimasi pH pada logam Cu (II) dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Hubungan antara pH dan persentase adsorpsi (pasir hitam), (HA0 = pasir putih control, HA1 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 , HA2 = pasir putih tersalut Fe_2O_3 , HA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3)



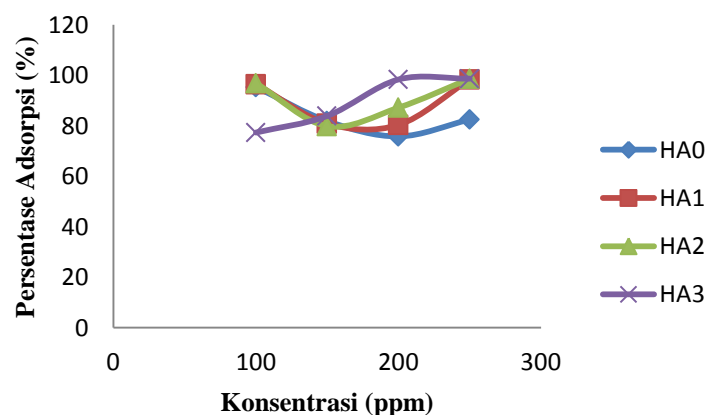
Gambar 2. Hubungan antara pH dan persentase adsorpsi (pasir putih), (PA0 = pasir putih control, PA1 = pasir putih teraktivasi H₂SO₄, PA2 = pasir putih tersalut Fe₂O₃, PA3 = pasir putih teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃)

Persentase serapan ion logam Cu(II) pada pH 3 dan pH 5 lebih kecil dibandingkan dengan prosentase serapan pada pH 7 dan pH 9. Hal ini terjadi karena permukaan adsorben cenderung terprotonasi atau lebih positif sehingga penolakan adsorben terhadap ion logam Cu(II) terjadi lebih cepat. Meningkatnya pH larutan menyebabkan ion Cu(II) yang terserap pada adsorben juga semakin bertambah hingga pH mencapai penyerapan optimum yaitu pada pH 7. Ion logam Cu(II) yang terserap mulai berkurang pada pH 9. Hal ini disebabkan karena peningkatan pH akan menyebabkan terlepasnya ion-ion (karbonat) ke dalam larutan, sehingga adsorpsi semakin berkurang.

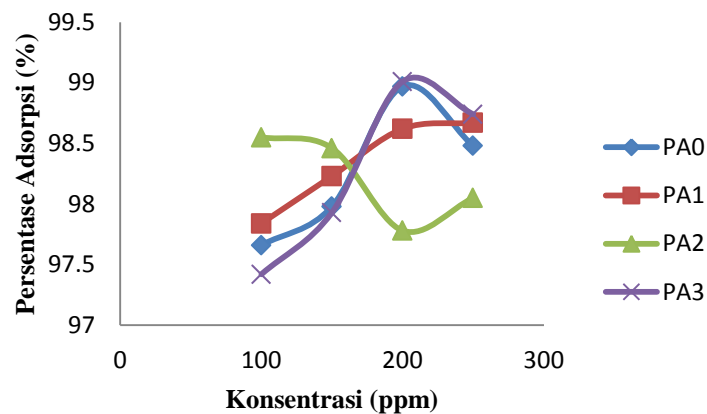
Optimasi konsentrasi larutan Cu(II) bertujuan untuk mengetahui kemampuan optimal

adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih dalam menyerap ion logam Cu(II). Konsentrasi larutan Cu(II) yang digunakan yaitu 100, 150, 200, dan 250 ppm pada pH optimum.

Penentuan konsentrasi optimum dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu. Larutan ion logam Cu(II) dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm diukur absorbansinya. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $y = 0,038x - 0,007$ dengan harga $R^2 = 0,994$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam sisa larutan Cu(II) setelah diinteraksikan dengan adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih. Data penentuan konsentrasi optimum larutan logam Cu(II) dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Hubungan konsentrasi larutan ion Cu(II) dan persentase adsorpsi (pasir hitam), (HA0 = pasir putih control, HA1 = pasir putih teraktivasi H₂SO₄, HA2 = pasir putih tersalut Fe₂O₃, HA3 = pasir putih teraktivasi H₂SO₄ dan tersalut Fe₂O₃)



Gambar 4. Hubungan konsentrasi larutan ion Cu (II) dan persentase adsorpsi (pasir putih), (PA0 = pasir putih control, PA1 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 , PA2 = pasir putih tersalut Fe_2O_3 , PA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3)

Berdasarkan Gambar 3 dan 4 maka dapat diketahui kapasitas adsorpsi yang paling optimum dari delapan sampel. Pada sampel yang menggunakan adsorben pasir hitam diketahui bahwa kapasitas adsorpsi yang paling optimum adalah pada pasir hitam yang teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 pada konsentrasi 250 ppm dengan kapasitas adsorpsi 24,6526 mg/g dengan prosentase penurunan sebesar 98,61%. Sedangkan pada kapasitas adsorpsi paling optimum pada sampel yang menggunakan adsorben pasir putih yang teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 pada konsentrasi 200 ppm dengan kapasitas adsorpsi 19,8026 dengan persentase penurunan sebesar 99,01%.

Pada pasir hitam kontrol diperoleh kapasitas adsorpsi paling baik pada konsentrasi 100 ppm. Terjadi penurunan persentase kapasitas adsorpsi seiring dengan meningkatnya konsentrasi, tetapi pada konsentrasi 250 ppm kembali terjadi kenaikan. Hal ini juga berlaku pada adsorben pasir laut hitam teraktivasi H_2SO_4 dan pasir laut tersalut Fe_2O_3 yang mempunyai persentase adsorpsi terbesar pada konsentrasi 100 ppm dan 250 ppm, sedangkan pada konsentrasi 150 ppm dan 200 ppm diperoleh persentase adsorpsi yang lebih kecil. Grafik yang berbeda ditunjukkan pada adsorben pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 yang terus mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya konsentrasi larutan Cu(II), namun pada konsentrasi 200 ppm dan 250 ppm tidak terjadi kenaikan secara signifikan. Dari

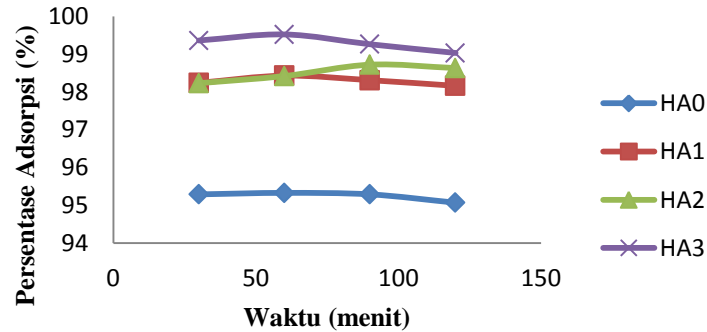
keempat jenis adsorben yang memiliki persentase adsorpsi terbesar adalah adsorben pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 . Hal ini menunjukkan bahwa pasir laut yang diaktivasi dengan asam sulfat dan disalut dengan feri oksida lebih efektif untuk digunakan sebagai adsorben dibandingkan dengan pasir laut kontrol, pasir laut teraktivasi asam sulfat saja, dan pasir laut tersalut feri oksida saja. Ini sesuai dengan teori bahwa aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori sehingga pasir laut mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisika dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi.

Persentase adsorpsi optimum pada pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 adalah 98,31%. Penyalutan pasir laut menggunakan feri oksida bertujuan untuk meningkatkan luas permukaan sehingga kemampuan adsorpsi pasir laut akan meningkat. Hasil paling baik yang diperoleh pada pasir hitam tersalut Fe_2O_3 yaitu sebesar 98,56%. Sedangkan pada pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 diperoleh persentase adsorpsi yang paling tinggi yaitu sebesar 98,61%.

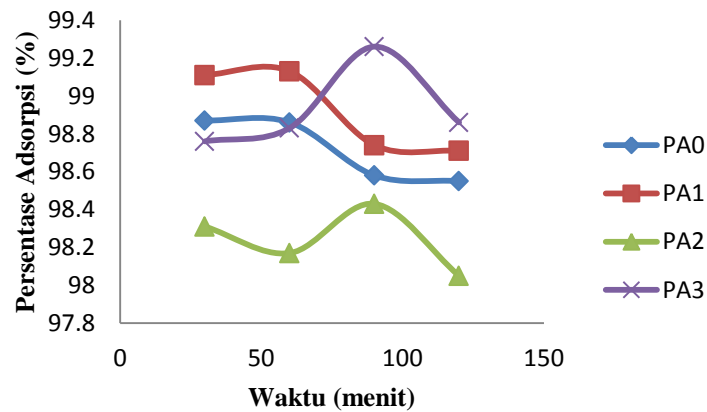
Optimasi waktu kontak bertujuan untuk mengetahui kemampuan optimal adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih dalam menyerap ion logam Cu(II). Variasi waktu yang digunakan yaitu 30, 60, 90, dan 120 menit pada pH dan konsentrasi optimum. Penentuan waktu kontak optimum dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu. Larutan ion logam Cu(II) pada konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm diukur

absorbansinya. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $y=0,042x-0,009$ dengan harga $R^2=0,993$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam

sisa larutan Cu (II) setelah diinteraksikan dengan adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih. Data penentuan konsentrasi optimum larutan logam Cu (II) dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Hubungan waktu kontak dan persentase adsorpsi (pasir hitam), (HA0 = pasir putih control, HA1 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 , HA2 = pasir putih tersalut Fe_2O_3 , HA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3)



Gambar 6. Hubungan waktu kontak dan persentase adsorpsi (pasir putih), (PA0 = pasir putih control, PA1 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 , PA2 = pasir putih tersalut Fe_2O_3 , PA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3)

Gambar 5 dan 6 menunjukkan kapasitas adsorpsi yang paling optimum dari delapan sampel di atas. Pada sampel yang menggunakan adsorben pasir hitam diketahui bahwa kapasitas adsorpsi yang paling optimum adalah pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 pada variasi waktu 60 menit dengan kapasitas adsorpsi 24,8810 mg/g dengan persentase penurunan sebesar 99,52%. Sedangkan kapasitas adsorpsi paling optimum pada sampel yang menggunakan adsorben pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 pada variasi waktu 90 menit dengan kapasitas adsorpsi 19,8524 dengan persentase penurunan sebesar 99,26%.

Tidak terdapat perbedaan nilai secara signifikan pada pasir laut hitam maupun putih. Pada pasir laut hitam, adsorben pasir laut kontrol memiliki nilai yang paling kecil dibandingkan dengan pasir laut teraktivasi asam sulfat, pasir laut tersalut feri oksida, dan pasir laut teraktivasi asam sulfat dan tersalut feri oksida. Hal ini terjadi karena pada pasir laut kontrol belum dilakukan perlakuan yang dapat mengubah daya adsorpsinya. Kapasitas adsorpsi paling besar terjadi pada pasir hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 dengan persentase paling optimum 99,52%, sedangkan pada pasir laut putih kapasitas adsorpsi paling besar pada pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 dengan persentase adsorpsi 99,26%.

Modifikasi terkombinasi lebih efektif dibandingkan dengan modifikasi sebagian.

Berdasarkan waktu kontak, kapasitas adsorpsi paling baik berada pada variasi waktu kontak 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Sedangkan pada variasi waktu 120 menit mulai terjadi penurunan kapasitas adsorpsi. Menurunnya penyerapan ini dikarenakan permukaan adsorben sudah terlalu jenuh dan ada kemungkinan terjadi desorpsi. Semakin lama waktu kontak antara ion logam Cu(II) dan pasir laut memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan ion logam. Interaksi yang terlalu lama dapat menurunkan tingkat penyerapan. Hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak dapat mengakibatkan desorpsi, yaitu lepasnya ion logam Cu(II) yang sudah terikat pada gugus aktif adsorben.

Penentuan kapasitas adsorpsi pasir laut bertujuan untuk mengetahui kemampuan optimal adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih dalam menyerap ion logam Cu(II) pada pH, konsentrasi, dan waktu optimum. Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan membuat kurva kalibrasi terlebih dahulu dengan mengukur absorbansi larutan logam Cu(II) pada konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm. Kurva kalibrasi yang diperoleh memiliki persamaan regresi $y=0,041x-0,008$ dengan harga $R^2=0,994$. Persamaan regresi ini digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam sisa larutan Cu(II) setelah diinteraksikan dengan adsorben pasir laut hitam dan pasir laut putih. Data penentuan konsentrasi optimum larutan logam Cu(II) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data penyerapan ion logam Cu (II) menggunakan pasir laut pada pH, konsentrasi dan waktu optimum terhadap ion logam Cu (II)

| Sampel | pH | Waktu (menit) | Absorbansi | Co (mg/L) | Ct (mg/L) | W (mg/g) | % Adsorpsi |
|--------|----|---------------|------------|-----------|-----------|----------|------------|
| HA3 | 7 | 60 | 0,048 | 250 | 1,3659 | 24,8634 | 99,45 |
| PA3 | 7 | 90 | 0,039 | 200 | 1,1463 | 19,8854 | 99,43 |

(Ket: HA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 , PA3 = pasir putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3)

Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan suatu adsorben dalam menyerap adsorbat dengan jumlah tertentu. Berdasarkan tabel di atas diperoleh kapasitas adsorpsi yang hampir sama antara pasir laut hitam teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 dengan pasir laut putih teraktivasi H_2SO_4 dan tersalut Fe_2O_3 . Pasir laut hitam memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih besar. Hal ini terjadi karena pasir laut hitam memiliki kandungan SiO_2 yang lebih besar dibandingkan dengan pasir laut putih. Silika oksida inilah yang nantinya berikatan dengan ion logam Cu(II) membentuk CuO. Kandungan SiO_2 yang lebih banyak memungkinkan terjadinya proses adsorpsi yang lebih besar.

Pasir laut yang telah diaktivasi dan telah diketahui kondisi optimumnya dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam tembaga dalam limbah industri *elektroplating*. Sampel limbah tembaga ini didapatkan di industri rumah tangga Kanigoro *elektroplating* di daerah Juwana Pati Jawa Tengah.

Sebelum dilakukan adsorpsi terlebih dahulu mengukur konsentrasi awal limbah pada enam sampel yang dirata-rata harga konsentrasinya. Tiga sampel digunakan pada adsorben pasir hitam, sedangkan tiga lainnya digunakan pada adsorben pasir putih. Data konsentrasi awal limbah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data konsentrasi awal limbah *elektroplating*

| Sampel | Co (mg/L) | Sampel | Co (mg/L) |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Sampel 1 | 2952,38 | Sampel 4 | 2928,57 |
| Sampel 2 | 3000,00 | Sampel 5 | 3023,81 |
| Sampel 3 | 2928,57 | Sampel 6 | 3000,00 |
| Rata-rata | 2951,32 | Rata-rata | 2984,13 |

Rata-rata kadar limbah logam tembaga yang diperoleh pada sampel 1, 2, dan 3 adalah sebesar 2951,57 ppm; sementara rata-rata kadar limbah logam tembaga pada sampel 4, 5 dan 6 sebesar 2984,13 ppm. Pada penyerapan sampel limbah ini digunakan massa adsorben optimum untuk mengadsorpsi logam tembaga yang ada dalam sampel. Sampel kemudian menggunakan *orbital shaker* selama waktu optimum. Setelah diaduk sampel disaring dan filtratnya dianalisis dengan SSA. Hasil adsorpsi tembaga dalam sampel limbah oleh pasir laut dapat dilihat pada Tabel 3.

Massa yang digunakan pada adsorpsi di atas disesuaikan dengan konsentrasi awal limbah *elektroplating*. Setelah dilakukan analisis diperoleh kapasitas adsorpsi yang cukup besar dengan persentase penurunan rata-rata 94,70% untuk pasir hitam dan 92,56% untuk pasir putih. Kedua jenis pasir laut tersebut efektif digunakan sebagai adsorben apabila dimodifikasi dengan cara diaktivasi dengan asam sulfat dan disalut dengan feri oksida.

PENUTUP

Adsorben pasir laut dapat digunakan untuk menurunkan kadar ion logam berat dalam limbah cair *elektroplating*. Hasil analisis limbah *elektroplating* dengan konsentrasi awal tembaga rata-rata sebesar 2951,3174 ppm dan 2984,1270 ppm dengan persentase penurunan sebesar 94,70% untuk pasir hitam dan 92,56% untuk pasir putih. Semakin tinggi nilai pH kemampuan adsorben dalam menyerap tembaga semakin menurun, namun jika pH terlalu rendah

konsentrasi tembaga yang terserap semakin berkurang. Konsentrasi larutan Cu(II) yang berlebih menyebabkan jumlah tembaga yang terserap cenderung stabil karena adsorben sudah jenuh. Semakin lama waktu kontak memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan, namun jika terlalu lama dapat mengakibatkan desorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Dewi KSP. 2008. Kemampuan adsorpsi batu pasir yang dilapisi besi oksida (Fe_2O_3) untuk menurunkan kadar Pb dalam larutan. *Jurnal Bumi Lestari Bukit Jimbaran* 2: 254-262.
- Diantariani NP. 2010. Peningkatan potensi batu padas ladgestone sebagai adsorben ion logam berat Cr(III) dalam air melalui aktivasi asam dan basa. *Jurnal Kimia Universitas Udayana* 4: 91-100.
- Edwards M & Bejamin M. 1989. Adsorptive filtration using coated sand: a new approach for treatment of metal-bearing wastes. *J Water Pollut* 61:1523-1533.
- Ramadhan S. 2005. *Kapasitas Adsorpsi Alga Chlorella sp yang Diimobilisasi Silika Gel terhadap Ion Logam Zn(II) dalam Limbah Industri Pelapisan Logam*. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Satpathy K & Chaudhuri M. 1997. Treatment of cadmium-plating and chromium-plating wastes by iron oxide-coated sand. *Environ Sci Technol* 31:1452-1462.
- Sumerta IKP. 2001. *Kemampuan Adsorpsi Batu Pasir yang Dilapisi Besi Oksida (Fe_2O_3) untuk Menurunkan Kadar Pb dalam Larutan*. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana. Denpasar.
- Widihati IAG. 2008. Adsorpsi anion Cr(VI) oleh batu pasir teraktivasi asam dan tersalut Fe_2O_3 . *Jurnal Kimia Universitas Udayana* 2: 25-30.