

PENGARUH KOMPETITOR KATION NATRIUM, KALSIUM, DAN MAGNESIUM TERHADAP ADSORPSI LOGAM SENG OLEH SEDIMEN ANCOL, TELUK JAKARTA

EFFECT OF COMPETING CATION SODIUM, CALSIUM, AND MAGNESIUM ON THE ADSORPTION OF ZINC ONTO SEDIMENT FROM ANCOL, JAKARTA BAY, JAKARTA PROVINCE

***¹Dame Alvina Naomi Sitohang dan ²Suprihanto Notodarmojo**

Program Magister Teknik Lingkungan

^{1,2}Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganeca No. 10, Bandung 40132

e-mail: ¹alvina.naomi@gmail.com, ²suprihanto@ftsl.itb.ac.id

Abstrak: Semakin meningkatnya aktivitas industri di Kota Jakarta berimbas terhadap bertambahnya jumlah kontaminan yang masuk ke dalam perairan Teluk Jakarta. Senyawa seng (Zn) digunakan dalam banyak industri dan konsentrasinya di Teluk Jakarta telah mencapai ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut. Sedimen merupakan komponen penting dalam laut yang mampu mengadsorpsi logam terlarut. Analisis XRD menunjukkan bahwa sedimen Teluk Jakarta didominasi oleh mineral kuarsa sebanyak 56.4%, kaolinite sebanyak 17.5%, dan pyrite sebanyak 13.7% persentase berat. Karakterisasi fisik dan kimia sedimen Ancol mencakup kandungan C-organik sebesar 5.41%, nilai KTK sebesar 29.07 me/100 gram, luas permukaan sebesar 29.388 m²/gram, specific gravity sebesar 2.63 g/cm³, dan keberadaan gugus hidroksil. Percobaan sorpsi dilakukan secara batch dan mengikuti kinetika reaksi pseudo-second order. Adsorpsi Zn oleh sedimen Ancol, Teluk Jakarta pada kondisi tanpa keberadaan kompetitor dapat direpresentasikan dengan isoterm Langmuir. Pada penambahan Na, adsorpsi Zn mengikuti isoterm Freundlich dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 0.68%. Pada kondisi penambahan Ca, adsorpsi Zn mengikuti isoterm Langmuir kompetitif, terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 0.91%. Pada penambahan Mg, adsorpsi Zn mengikuti isoterm linear dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 2.22%. Pada air laut artifisial, adsorpsi Zn mengikuti isoterm Langmuir dan secara keseluruhan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 12.09%. Adsorpsi Zn dengan kompetitor Na dan Ca di dalam air laut artifisial dapat direpresentasikan dengan isoterm Langmuir kompetitif.

Kata kunci: adsorpsi, Zn, kation kompetitor, sedimen

Abstract: Rapid development of industrial activities in Jakarta leads to increasing amount of pollutant in the sea of Jakarta Bay. Zinc (Zn) is a common substance used in many kind of industry. The concentration of Zn in the sea of Jakarta Bay has reached the maximum limit of Zn concentration regulated by Indonesian State Minister for the Environment in the sea for marine biota. Marine sediment plays an important role in adsorption process of dissolved metal in the seawater. XRD analysis of Jakarta Bay sediment shows dominant mineral of the sediment which are quartz (56.4%), kaolinite (17.5%), and pyrite (13.7%). Physical and chemical characterization of Ancol Sediment showed organic carbon content as much as 5.41%, cation exchange capacity 29.07 meq/100 gram, surface area 29.388 m²/gram, specific gravity 2.63 g/cm³, and the presence of hydroxyl group. A batch sorption model which assumed the pseudo-second order mechanism, was developed to predict the equilibrium sorption capacity. Adsorption of zinc onto Ancol sediment followed Langmuir isotherm. In addition of Na to the system, Zn adsorption followed Freundlich isotherm and sorption capacity decreased by 0.68%. In addition of Ca to the system, Zn adsorption followed Freundlich isotherm and sorption capacity decreased by 0.91%. In addition of Mg to the system, Zn adsorption followed linear isotherm and sorption capacity decreased by 2.22%. In artificial seawater, Zn adsorption followed Langmuir isotherm and sorption capacity decreased by 2.09% compared with absence of competing cation. Adsorption of Zn in presence of each Na and Ca in artificial seawater were specifically compatible with competitive Langmuir isotherm.

Keywords: adsorption, Zn, competing cation, sediment

PENDAHULUAN

Logam berat telah lama dikenal sebagai elemen yang mempunyai potensi toksik dan kemampuan terakumulasi dalam tubuh manusia. Sifatnya yang konservatif menyebabkan logam berat cenderung terakumulasi di dalam perairan. Keberadaan logam atau *trace element* dalam tanah dan air secara alamiah berasal dari pelapukan batuan induk yang mengandung unsur tersebut, salah satunya Zn. Aktivitas manusia (antropogenik) juga merupakan kontributor yang besar bagi keberadaan *trace element* di alam. Sebagai gambaran, penggunaan *trace element* Zn oleh masyarakat modern diperkirakan mencapai 250 juta ton dan jumlahnya terus meningkat (Nriagu dalam Notodarmojo, 2005). Senyawa seng (Zn) digunakan dalam pelapisan logam seperti baja dan besi sebagai produk anti karat. Logam Zn juga digunakan sebagai zat warna untuk cat, lampu, gelas, bahan keramik, dan pestisida (Darmono, 1995). Sifat pencemar Zn berdampak lokal di pantai, teluk, estuari, dan saluran pembuangan limbah (Bryan, 1976).

Teluk Jakarta merupakan teluk yang terletak di kota Jakarta. Teluk ini dilindungi oleh pulau-pulau kecil jenis pulau karang. Masyarakat yang hidup di daerah ini memanfaatkan perairan sebagai daerah penangkapan ikan dan budidaya ikan. Karakteristik utama yang membedakan air laut dan air tawar adalah keberadaan salinitas yang dipengaruhi oleh kehadiran kation dan anion dalam air laut di antaranya Na, Mg, Ca, Cl, dan SO₄. Keberadaan kation ini kemungkinan dapat berpengaruh pada adsorpsi logam berat seng oleh sedimen teluk Jakarta. Konsentrasi logam berat yang terkandung pada air laut dan sedimen dapat digunakan sebagai indikator pencemaran laut. Selanjutnya laporan data konsentrasi logam yang terdapat di sepanjang sungai dapat dikembangkan menjadi laporan ilmiah yang menarik seperti perpindahan ion logam dari badan air ke dalam sedimen. Perjalanan perpindahan ion logam dari air ke dalam sedimen terutama melalui proses partisi air-sedimen yaitu perpindahan logam dari bentuk terlarut dalam air ke dalam sedimen melalui fenomena adsorpsi (Schnoor, 1996).

Maksud dari penelitian ini adalah mengetahui kemampuan adsorpsi sedimen Teluk Jakarta terhadap pencemar logam Zn, serta mengetahui pengaruh kehadiran kation kompetitor pada air laut terhadap proses adsorpsi tersebut. Tujuan dari penelitian adsorpsi logam Zn dalam larutan Na, Ca, dan Mg oleh sedimen Teluk Jakarta adalah:

1. Mengetahui karakteristik fisik dan kimia sedimen Teluk Jakarta, khususnya di daerah Ancol
2. Mengetahui perilaku sorpsi Zn oleh sedimen Ancol pada kondisi tanpa keberadaan kation kompetitor dan dengan keberadaan kation kompetitor, baik secara individu maupun campuran
3. Mengetahui kinetika adsorpsi Zn oleh sedimen Ancol pada kondisi tanpa keberadaan kation kompetitor dan dengan keberadaan kation kompetitor, baik secara individu maupun campuran

Potensi adsorpsi logam Zn oleh sedimen Teluk Jakarta dengan mengoptimalkan beberapa parameter proses dan operasi dalam reaktor *batch* berupa variasi waktu kontak, dosis adsorben, dan variasi konsentrasi awal logam Zn sehingga akan diperoleh besar efisiensi penyisihan logam Zn menggunakan sedimen Teluk Jakarta. Kation dengan jari-jari terhidrasi yang lebih kecil akan cenderung menggantikan kation dengan jari-jari hidrasi yang lebih besar. Selain itu, ada pula kecenderungan bahwa ion dengan valensi yang lebih tinggi memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap partikel tanah liat dibandingkan kation dengan valensi yang lebih rendah (Notodarmojo, 2005). Pada penelitian ini diuji proses adsorpsi dengan kehadiran tiga kation kompetitor Zn yaitu Na, Ca, dan Mg. Terkait studi literatur tersebut, hipotesis yang dapat dirumuskan untuk penelitian ini antara lain:

1. Ukuran partikel adsorben dan *soil : solution ratio* mempengaruhi proses adsorpsi ditinjau dari persentase penyisihan logam Zn
2. Keberadaan kation kompetitor Na, Ca, dan Mg mempengaruhi proses adsorpsi ditinjau dari kapasitas adsorpsi logam Zn

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengkaji fenomena adsorpsi yang bertujuan untuk menyisahkan logam seng (Zn) di dalam air laut dengan kehadiran kation kompetitor yaitu Na, Ca, dan Mg baik secara individu maupun campuran. Persiapan penelitian dilakukan untuk menentukan konsentrasi sorbat dalam air laut dari Teluk Jakarta dan komposisi adsorben sebagai dasar analisis yang dilakukan di penelitian. Persiapan ini meliputi karakterisasi air laut, karakterisasi adsorben, serta preparasi adsorben.

Penelitian Pendahuluan

Percobaan adsorpsi dilakukan secara *batch* pada 100 mL sampel dengan konsentrasi Zn yang telah diketahui di dalam labu Erlenmeyer ukuran 250 mL. Pada penelitian pendahuluan ini dilakukan adsorpsi pada beberapa variasi dosis sorben yaitu pada rasio 1:5 (20 gram sorben); 1:10 (10 gram sorben); dan 1:100 (1 gram sorben). Variasi dosis sorben dilakukan pada setiap variasi larutan kompetitor yaitu Natrium, Kalsium, dan Magnesium. Campuran sedimen dan larutan dikocok menggunakan *shaker* dengan kecepatan 260 rpm dan suhu konstan selama beberapa waktu, selanjutnya sampel yang diambil disentrifugasi selama 5 menit pada kecepatan 6000 rpm. Supernatan dan endapan hasil sentrifugasi dipisahkan pada botol berbeda, kemudian ditambahkan beberapa tetes HNO_3 pekat untuk melarutkan seluruh logam dalam sampel. Sampel telah siap untuk dianalisis. Konsentrasi ion Magnesium dan Kalsium diukur mengikuti metode pengukuran kesadahan dengan titrasi EDTA. Pada pengukuran Magnesium, digunakan zat warna *Eriochrome Black T* (EBT) dan pada pengukuran Kalsium digunakan *Murexide*.

Penelitian Utama

Hasil dari penelitian pendahuluan dijadikan dasar pemilihan dosis sorben yang digunakan di penelitian utama. Prinsip kerja penelitian utama secara umum sama dengan penelitian pendahuluan, namun terdapat perbedaan pada variasi faktor yang diuji. Pada penelitian utama ini dilakukan adsorpsi menggunakan variasi konsentrasi awal logam Zn untuk mendapatkan isoterm adsorpsi pada tiap kehadiran kation kompetitor, demikian pula dilakukan percobaan adsorpsi dengan campuran ketiga kation kompetitor yaitu Na, Ca, dan Mg sekaligus dalam air laut artifisial.

Pengukuran Parameter Kualitas Air

Parameter yang diukur di laboratorium meliputi konsentrasi Zn, Na, Ca, Mg, pH, dan suhu air. Analisa konsentrasi Zn dilakukan menggunakan alat *Atomic Absorption Spectroscopy* di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Blanko yang digunakan untuk AAS adalah larutan HNO_3 pekat. Analisa konsentrasi Natrium dalam sampel dilakukan menggunakan alat *Flame Photometry* di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung menggunakan blanko akuades. Konsentrasi ion Ca dan Mg dalam sampel diukur menggunakan metode titrasi sesuai dengan pengukuran kesadahan.

Analisis Data

Data yang terkumpul kemudian diolah menggunakan program Microsoft Excel untuk menghasilkan grafik, tabulasi, dan penghitungan. Analisis regresi linier digunakan untuk mengetahui kecocokan data dengan model isoterm adsorpsi Freundlich, Langmuir dan Langmuir kompetitif, serta menghitung koefisien determinasinya. Hasil regresi linier juga digunakan untuk mencari parameter kinetika untuk reaksi *pseudo first order* Lagergren, *pseudo second order* Ho, dan desorpsi.

Persamaan umum yang digunakan dalam penelitian ini merupakan penghitungan persentase efisiensi penyisihan (persamaan 1) dan kapasitas adsorpsi dan desorpsi yang ditunjukkan pada persamaan 2.

$$\text{Persentase penyisihan} = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Kapasitas adsorpsi } (q_t) = (C_0 - C_t) \times \frac{(V - V_t)}{(M - M_t)} \quad (2)$$

di mana C_0 merupakan konsentrasi awal sorbat (mg/L), C_t adalah konsentrasi sorbat pada waktu t (mg/L), q_t merupakan kapasitas adsorpsi pada waktu t (mg/g), V adalah volume larutan (L), V_t merupakan volume sampel air yang diambil pada waktu t (15 mL), M sebagai berat adsorben (g), dan M_t merupakan berat adsorben yang diambil pada waktu t (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Air Laut

Pada bulan Mei 2015 dilakukan analisis awal terhadap karakteristik air laut di Teluk Jakarta di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung. Hasil karakterisasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi awal air laut Teluk Jakarta

No	Parameter Analisis	Satuan	Hasil Analisis
1	Ca	mg/L Ca	320
2	Mg	mg/L Mg	1183
3	Na	mg/L	8129
4	Zn	mg/L	0.050

Pilson (2013) menyebutkan urutan kation dominan dalam air laut adalah Natrium, Magnesium, dan Kalsium. Dengan demikian, ketiga kation tersebut dipilih sebagai objek penelitian karena konsentrasinya yang sangat tinggi dibandingkan dengan kation lainnya. Logam seng (Zn) dipilih karena konsentrasinya terlarutnya dalam air mencapai ambang batas baku mutu air laut untuk biota laut yang ditetapkan oleh Kepmen LH no. 51 tahun 2004, yaitu sebesar 0.05 mg/L, sedangkan konsentrasi logam Cu yang ditemukan masih berada di bawah ambang batas. Pada saat pengambilan sampel air laut dan sedimen di Teluk Jakarta dilakukan pengukuran pH dan suhu air laut. Pengukuran dengan pH meter menunjukkan pH air laut sebesar 7.05. Jain (2004) menyatakan bahwa proses adsorpsi Zn oleh sedimen alami sangat bergantung pada pH larutan. Pengukuran dengan termometer pada permukaan laut memberikan bacaan 32.5°C.

Karakterisasi Fisik dan Kimia Sedimen Ancol, Teluk Jakarta

Karakterisasi fisik dan kimia dari sedimen Teluk Jakarta yang digunakan sebagai adsorben dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2. Mineral dominan yang terdapat di dalam sedimen Teluk Jakarta adalah kuarsa (SiO_2) dengan persentase berat 56.4%, kaolinite ($\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$) sebanyak 17.5%, dan pyrite (FeS_2) sebanyak 13.7%. Keberadaan kaolinite di dalam sedimen menunjukkan bahwa sedimen dapat digunakan sebagai adsorben sebab kaolinite merupakan salah satu mineral yang juga terkandung dalam tanah liat. Komponen sedimen permukaan yang berperan adalah kandungan tanah liat terutama di permukaan sedimen (Wang, 2011). Hasil analisis FTIR menunjukkan keberadaan gugus hidroksil dalam sedimen. Berdasarkan analisis tekstur sedimen, diketahui bahwa sedimen ini termasuk ke dalam golongan lempung berdebu (*silty loam*). Sedimen memiliki muatan negatif.

Tabel 2. Karakteristik fisik dan kimia sedimen Ancol, Teluk Jakarta

Parameter	Nilai
C-organik (%)	5.41
CTC (me/100 gram)	29.07
Luas permukaan (m^2/gram)	29.388
Specific gravity (g/cm^3)	2.63

Adsorpsi Zn ke Sedimen Teluk Jakarta

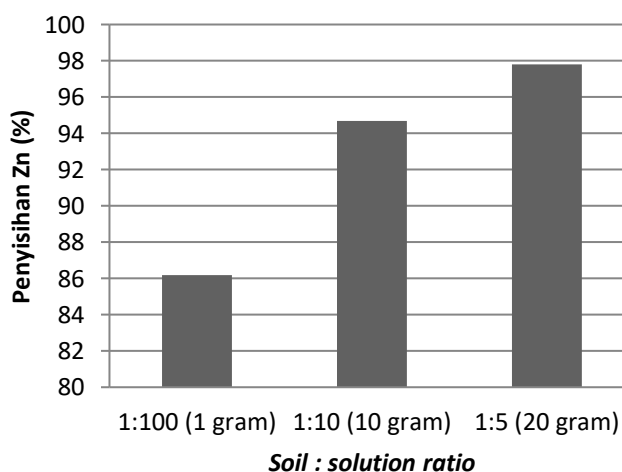
Kapasitas adsorpsi logam Zn oleh sedimen Teluk Jakarta bertambah seiring dengan naiknya konsentrasi awal larutan Zn untuk massa adsorben yang sama. Percobaan sorpsi dilakukan secara *batch* dan mengikuti kinetika reaksi *pseudo-second order*. Konsentrasi Zn tersisa mencapai stasioner pada menit ke 30 pengocokan. Hasil percobaan dari sorpsi Zn pada

sedimen dengan berbagai konsentrasi awal Zn dapat dilihat pada Gambar 1. Adsorpsi Zn oleh sedimen Ancol, Teluk Jakarta pada kondisi tanpa keberadaan kompetitor dapat direpresentasikan dengan isoterm Langmuir.

Pada percobaan ini dilakukan penyesuaian pH menggunakan H_2SO_4 encer agar pH larutan mendekati 7.05 sesuai dengan karakterisasi air laut Teluk Jakarta. Selain itu, penyesuaian pH dilakukan untuk memastikan bahwa proses yang terlibat dalam penyisihan Zn bukan merupakan presipitasi Zn. Pada kondisi $t=0$ atau sesaat sebelum penambahan sedimen ke dalam larutan, pH larutan secara umum berada di sekitar nilai 7.0. Setelah dilakukan penambahan sedimen, seluruh larutan mengalami kenaikan pH hingga mencapai titik stasioner pada menit ke 30 atau waktu ekuilibrium. Seperti yang telah dijelaskan dalam karakterisasi sedimen Teluk Jakarta, didapatkan bahwa sedimen ini bermuatan negatif. Muatan negatif ini yang menyebabkan pH larutan naik, semakin basa larutan maka muatan adsorben akan semakin negatif. Aspek ini mendukung adsorpsi logam Zn yang bermuatan positif melalui interaksi elektrostatis sehingga Zn yang bermuatan positif akan “tertarik” ke permukaan adsorben yang bermuatan negatif. pH akhir adsorpsi yang terukur pada menit ke 90 menunjukkan pH pada 7.8. Presipitasi logam Zn terjadi pada pH 10, sementara pH sistem yang terukur selama proses adsorpsi berada pada rentang 6.6 hingga 7.8, hal ini menunjukkan bahwa presipitasi logam Zn tidak terjadi pada proses ini.

Pengaruh Soil: Solution Ratio

Aktivitas adsorpsi pada *soil : solution ratio* yang berbeda diamati untuk menentukan dosis adsorben yang paling optimum untuk penelitian lainnya. *Soil : solution ratio* yang digunakan pada penelitian awal adalah 1:5; 1:10; dan 1:100. Pada dosis sorben 1 gram (*soil : solution ratio* 1:100) didapatkan persentase penyisihan logam Zn sebesar 86.17%, pada dosis sorben 10 gram (*soil : solution ratio* 1:10) sebesar 95.64%, dan pada dosis sorben 20 gram (*soil : solution ratio* 1:5) sebesar 97.79%. Secara umum Gambar 2. menunjukkan bahwa semakin besar dosis adsorben yang digunakan dalam adsorpsi, maka semakin besar pula persentase penyisihan Zn yang tercapai. Peningkatan jumlah sorbat yang menempel seiring dengan penambahan massa sorben terjadi karena interaksi antara partikel meningkat akibat meningkatnya massa. Dari hasil yang ditunjukkan di bawah, dipilih *soil : solution ratio* sebesar 1:5 atau dengan dosis sorben 20 gram dalam 100 mL larutan untuk analisis selanjutnya karena secara umum didapatkan persentase penyisihan tertinggi pada rasio tersebut.

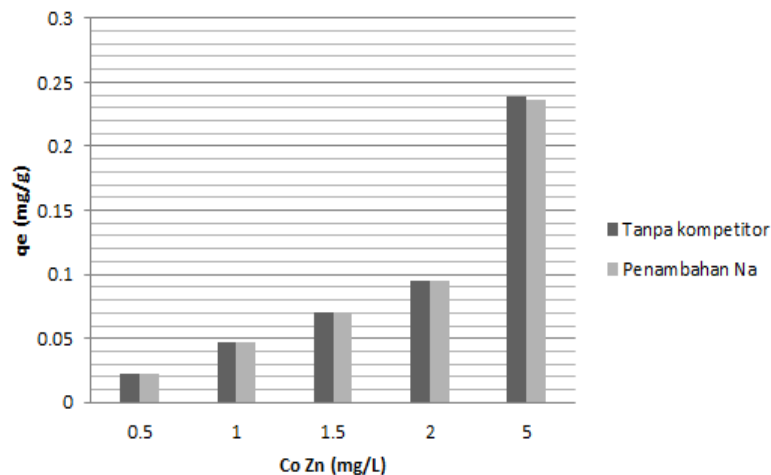


Gambar 2. Persentase penyisihan seng pada tiap dosis sorben

Pengaruh Penambahan Natrium

Pada percobaan ini dilakukan penambahan Na sesuai dengan konsentrasinya pada air laut Teluk Jakarta yaitu sebesar 8129 mg/L. Penambahan Na menurunkan kapasitas adsorpsi sedimen terhadap Zn. Gambar 3. menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi Zn pada kesetimbangan (waktu kontak 60 menit) dengan konsentrasi awal Zn 0.5 hingga 2 mg/L hampir tidak berbeda

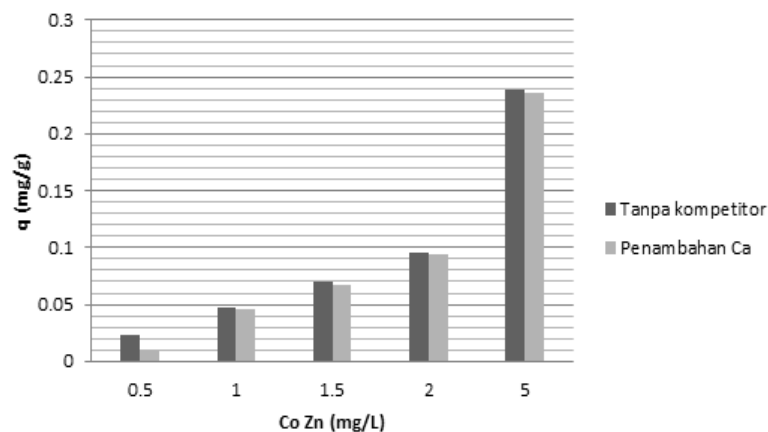
dibandingkan kondisi kontrol. Pada penggunaan konsentrasi awal Zn sebesar 5 mg/L ditemukan penurunan kapasitas adsorpsi sedimen sebesar 0.68% dibandingkan kondisi tanpa Na. Dilihat dari jari-jari ion terhidrasi, Na dapat menggantikan Zn pada permukaan sorben yang menyebabkan adsorpsi Zn pada kehadiran Na menjadi lebih rendah. pH sistem yang terukur selama proses adsorpsi berada pada rentang 6.9 hingga 7.7, hal ini menunjukkan bahwa presipitasi logam Zn tidak terjadi pada proses ini. Pada kondisi penambahan Na, adsorpsi Zn mengikuti isoterm Freundlich. Plot data menggunakan isoterm kompetitif Langmuir memberikan nilai R^2 sebesar 0.54.



Gambar 3. Pengaruh penambahan Na terhadap kapasitas adsorpsi Zn pada beberapa konsentrasi awal Zn pada waktu ekuilibrium

Pengaruh Penambahan Kalsium

Pada percobaan ini dilakukan penambahan Ca sesuai dengan konsentrasinya pada air laut Teluk Jakarta yaitu sebesar 320 mg/L. Pada Gambar 4, terlihat kapasitas adsorpsi Zn pada penambahan Ca secara umum lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tanpa kompetitor, namun perbedaannya hanya sebesar 0.01 mg/g. Hal ini sesuai dengan hipotesis yang diajukan terkait jari-jari ion terhidrasi. Kation Ca memiliki ukuran jari-jari ion terhidrasi yang sama dengan Zn, sehingga akan terjadi kompetisi antara kedua kation tersebut. Fisher-power (2016) menemukan bahwa keberadaan ion Ca pada adsorpsi Zn oleh sedimen menurunkan kapasitas adsorpsi pada pH di bawah 5. Pada penelitian ini didapatkan bahwa pada pH 7 kehadiran Ca menurunkan kapasitas adsorpsi sebesar 0.91%. Pada konsentrasi awal Zn sebesar 0,5; 1; dan 1.5 mg/L terlihat bahwa kapasitas adsorpsi Zn oleh sedimen Teluk Jakarta pada kondisi penambahan Ca lebih rendah dibandingkan kondisi tanpa kompetitor. Hal ini dapat terjadi akibat kesamaan valensi antara Zn dan Ca yang menyebabkan afinitasnya terhadap partikel lempung sama, sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar kedua kondisi perlakuan. pH sistem yang terukur selama proses adsorpsi berada pada rentang 6.3 hingga 7.8, hal ini menunjukkan bahwa presipitasi logam Zn tidak terjadi pada proses ini. Pada kondisi penambahan Ca, adsorpsi Zn mengikuti isoterm Langmuir kompetitif. Plot data menggunakan isoterm kompetitif Langmuir memberikan nilai R^2 sebesar 0.77.



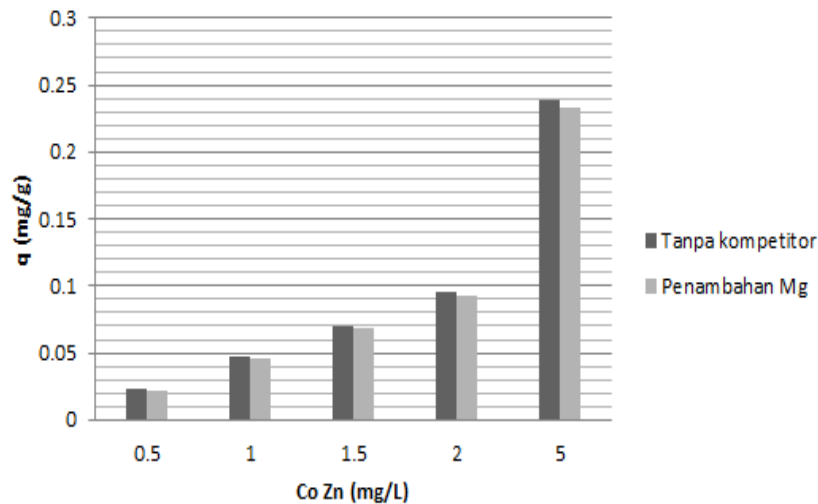
Gambar 4. Pengaruh penambahan Ca terhadap kapasitas adsorpsi Zn pada beberapa konsentrasi awal Zn pada waktu ekuilibrium

Pengaruh Penambahan Magnesium

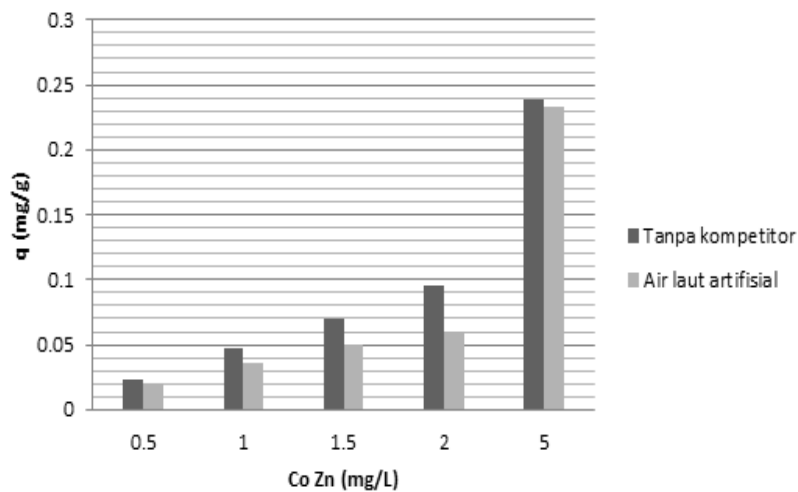
Pada percobaan ini dilakukan penambahan Mg sesuai dengan konsentrasinya pada air laut Teluk Jakarta yaitu sebesar 1183 mg/L. Kehadiran Mg di dalam larutan cenderung menurunkan kapasitas adsorpsi sedimen Teluk Jakarta terhadap Zn sebesar 2.22%. Dapat dilihat pada Gambar 5., kapasitas adsorpsi Zn pada kondisi kehadiran Mg pada tiap konsentrasi awal sedikit lebih rendah dibandingkan kondisi kontrol. Hal ini tidak sesuai dengan teori terkait ukuran jari-jari ion terhidrasi. Mg memiliki jari-jari ion terhidrasi yang lebih besar dibandingkan Zn, sehingga Zn justru bersifat lebih *mobile* yang mengakibatkan tidak terpengaruhnya kapasitas adsorpsi Zn pada kehadiran Mg. Dilihat dari aspek bilangan valensi, Mg dan Zn memiliki besar bilangan valensi yang sama, sehingga penurunan kapasitas adsorpsi terjadi akibat kompetisi antar kedua kation terkait afinitasnya yang sama terhadap partikel lempung. Lempung kaolinite memiliki karakteristik pertukaran kation yang rendah dan luas permukaan lebih kecil dari 20 m²/g (Suraj dalam Amer, 2010). Kapasitas pertukaran kation ini memungkinkan hal ini terjadi. Magnesium yang telah terlebih dahulu teradsorpsi oleh kaolinite tidak dapat digantikan oleh Zn. Oleh sebab itu, kaolinite cenderung memiliki kapasitas adsorpsi yang rendah pada saat keberadaan Mg. pH sistem yang terukur selama proses adsorpsi berada pada rentang 7.1 hingga 7.7, hal ini menunjukkan bahwa presipitasi logam Zn tidak terjadi pada proses ini. Pada kondisi penambahan Mg, adsorpsi Zn mengikuti isoterm linear. Plot data menggunakan isoterm kompetitif Langmuir memberikan nilai R² sebesar 0.41.

Adsorpsi Logam Seng pada Air Laut Artifisial

Air laut artifisial yang digunakan dalam penelitian dibuat berdasarkan komposisi yang diajukan oleh Subow (1931). Larutan ini mengandung kation Na, Ca, dan Mg sekaligus. Seperti dapat dilihat pada Gambar 6., terjadi penurunan kapasitas adsorpsi pada semua konsentrasi awal Zn. Secara umum ditemukan bahwa terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sedimen Ancol sebesar 12.09% terhadap logam Zn di dalam air laut artifisial. pH sistem yang terukur selama proses adsorpsi berada pada rentang 7 hingga 7.6, hal ini menunjukkan bahwa presipitasi logam Zn tidak terjadi pada proses ini. Pada air laut artifisial, secara umum adsorpsi Zn mengikuti isoterm Langmuir.



Gambar 5. Pengaruh penambahan Mg terhadap kapasitas adsorpsi Zn pada beberapa konsentrasi awal Zn pada waktu ekuilibrium



Gambar 6. Kapasitas adsorpsi Zn pada air laut artifisial dengan beberapa konsentrasi awal Zn pada waktu ekuilibrium

Penurunan kapasitas adsorpsi kemungkinan terjadi akibat keberadaan Na di dalam air laut artifisial yang mampu menggantikan Zn pada *active site* di permukaan adsorben. Sorpsi Zn dan Na dalam air laut artifisial mengikuti model isoterm Langmuir kompetitif dengan nilai R^2 sebesar 0.96. Selain itu, keberadaan Mg dan Ca yang memiliki bilangan valensi +2 yang sama dengan bilangan valensi Zn dapat menjadi kompetitor dalam adsorpsi Zn terkait afinitasnya terhadap partikel lempung (Notodarmojo, 2005) dalam penelitian ini kemungkinan adalah kaolinite. Sorpsi Zn dan Ca di dalam air laut artifisial juga mengikuti model isoterm dengan nilai R^2 sebesar 0.76. Sorpsi Zn dan Mg di dalam air laut artifisial yang diplotkan dengan model isoterm kompetitif Langmuir menghasilkan nilai R^2 sebesar 0.40, sehingga lebih dapat direpresentasikan menggunakan model isoterm Langmuir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik beberapa kesimpulan. Analisis XRD menunjukkan bahwa sedimen Teluk Jakarta didominasi oleh mineral kuarsa sebanyak 56.4%, kaolinite sebanyak 17.5%, dan pyrite sebanyak 13.7% persentase berat. Karakterisasi fisik dan kimia sedimen Ancol, Teluk Jakarta mencakup kandungan C-organik sebesar 5.41%, nilai KTK sebesar 29.07 me/100 gram, luas permukaan sebesar 29.388 m²/gram, *specific gravity* sebesar 2.63 g/cm³, dan keberadaan gugus hidroksil.

Percobaan sorpsi dilakukan secara *batch* dan mengikuti kinetika reaksi *pseudo-second order*. Adsorpsi Zn oleh sedimen Ancol, Teluk Jakarta pada kondisi tanpa keberadaan kompetitor dapat direpresentasikan dengan isotherm Freundlich. Pada kondisi penambahan Na, adsorpsi Zn mengikuti isotherm Freundlich dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 1.18%. Pada kondisi penambahan Ca, adsorpsi Zn mengikuti isotherm Langmuir kompetitif dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 1.4%. Pada kondisi penambahan Mg, adsorpsi Zn mengikuti isotherm linear dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 2.7%. Pada air laut artifisial, adsorpsi Zn mengikuti isotherm Langmuir dan terjadi penurunan kapasitas adsorpsi sebesar 12.59%.

DAFTAR PUSTAKA

- Amer, Mohammad W., Fawwaz I. Khalili, dan Akl M. Awwad. 2010. Adsorption of lead, zinc, and cadmium ions on polyphosphate-modified kaolinite clay. *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*. 2(1), 1-8.
- Bryan, G. W. 1976. *Heavy Metals Contamination in The Sea*. In Johnston (Ed). New York : Marine Pollution.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Penerbit UI.
- Fisher-power, Leanne M., Tao Cheng, Zahra Sadat Rastghalam. 2016. Cu and Zn adsorption to a heterogenous natural sediment: influence of leached cations and leached organic matter. *Chemosphere*. 144, 1973-1979.
- Ho, Y. S., G. McKay. 1999. Pseudo-second order model for sorption processes. *Process Biochemistry*. 34, 451-465.
- Jain, C. K., D. C. Singhal, M. K. Sharma. 2004. Adsorption of zinc on bed sediment of River Hindon: adsorption models and kinetics. *Journal of hazardous materials*. B114, 231-239.
- Meroufel, Bahia, Omar Benali, Mohamed Benyahia, Mohamed Amine Zenasni, Andre Merlin, Beatrice George. Removal of Zinc(II) from aqueous solution to kaolin by batch design. *Journal of Water Resource and Protection*. 5, 669-680.
- Miranda-Trevino, Jorge C. dan Cynthia A. Coles. 2003. Kaolinite properties, structure and influence of metal retention on pH. *Applied Clay Science*. 23, 133-139.
- Notodarmojo, Suprihanto. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah. Bandung: Penerbit ITB.
- Nsami, J. Ndi, G. Ndongo Kounou, D. P. Belibi Belibi, D. Koutou, G. M. Tagne, D. D. Dina Joh, dan J. Ketcha Mbadcam. 2015. Adsorption of Zinc(II) ions from aqueous solution onto Kaolinite and Metakaolinite. *Der Pharma Chemica*. 7(3), 51-58.
- Pilson, Michael E. Q. 2013. An introduction to the Chemistry of the sea. California: Prentice Hall.
- Schnoor, J. 1996. *Environmental Modeling*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- Wang, Xiaoli dan Yu Li. 2011. Measurement of Cu and Zn adsorption onto surficial sediment components: New evidence for less importance clay minerals. *Journal of Hazardous Materials*. 189, 719-723.