



Efek Penambahan Karbon Aktif pada Magnetit dari Pasir Besi Sebagai Adsorpsi Ion Kalsium dalam Air

Mohamad Sobirin[✉], Agus Yulianto, Mahardika Prasetya Aji

Jurusan Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Semarang, Indonesia
Gedung D7 Lt. 2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Diterima April 2014
Disetujui Mei 2014
Dipublikasikan Juni 2014
***ADA TANGGALNYA**

Keywords:
Adsorption, Complexiometry,
Kinetic, Magnetite

Abstrak

Adsorpsi merupakan metode efektif mengurangi kesadahan menggunakan material adsorben. Adsorben magnetit dan magnetit-karbon aktif (M:KA) diperoleh dari metode kopresipitasi. Waktu kontak optimum adsorben magnetit, (M:KA=1:1), dan (M:KA=1:2) menggunakan titrasi kompleksimetri masing-masing tercapai selama 75 menit, 60 menit, dan 120 menit dengan jumlah teradsorpsi sebesar 0,397 mg/g, 0,607 mg/g, dan 0,566 mg/g. Adsorpsi masing-masing adsorben mengikuti model adsorpsi kinetika Ho pada magnetit dan (M:KA=1:1), serta kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa pada adsorben (M:KA=1:2). Mempunyai kelajuan adsorpsi pada adsorben magnetit 8,139 g/mg menit, adsorben (M:KA= 1:1) sebesar 1,159 g/mg menit, dan adsorben (M:KA=1:2) yaitu 0,0062 g/L.menit. Adsorben (M:KA= 1:2) membebaskan energi adsorpsi sebesar 9,769 kJ/mol. Penambahan karbon aktif pada magnetit dapat meningkatkan porositas, dan kapasitas adsorpsi. Kinetika adsorpsi dapat diperoleh dari model kinetika Ho, kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa, dan kinetika Lagergren. Titrasi kompleksimetri dengan EDTA akan menunjukkan jumlah semua ion logam yang ada dalam larutan dalam satuan ppm (*part per milion*).

Abstract

Adsorption is an effective method of reducing the hardness using adsorbent material. Adsorbent magnetite and magnetite-activated carbon (M: KA) obtained from coprecipitation method. Optimum contact time of the adsorbent magnetite, (M: KA = 1: 1), and (M: KA = 1: 2) using titration complexometry respectively reached 75 minutes, 60 minutes, and 120 minutes with the amount adsorbed of 0,397 mg / g, 0.607 mg / g, and 0.566 mg / g. Adsorption of each adsorbent following the adsorption kinetics model of Ho on magnetite and (M: KA = 1: 1), and Langmuir-Hinshelwood kinetics-Santosa on the adsorbent (M: KA = 1: 2). Has the adsorption kinetics on adsorbent magnetite 8.139 g / mg min, adsorbents (M: KA = 1: 1) of 1.159 g / mg min, and adsorbents (M: KA = 1: 2) is 0.0062 g / L.menit. Adsorbent (M: KA = 1: 2) to free adsorption energy of 9.769 kJ / mol. The addition of activated carbon to the magnetite can increase the porosity and adsorption capacity. Adsorption kinetics can be obtained from the kinetic model Ho, Langmuir-Hinshelwood kinetics-Santosa and Lagergren kinetics. Complexometry titration with EDTA will show the sum of all existing metal ions in solution in ppm (parts per million).

PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan yang sangat utama bagi kehidupan manusia. Oleh karena itu jika kebutuhan air belum terpenuhi baik secara kuantitas maupun kualitas, maka akan menimbulkan dampak yang besar terhadap kehidupan sosial dan ekonomi masyarakat. Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur Kalsium (Ca^{2+}) dan Magnesium (Mg^{2+}) dalam air, yang keberadaannya biasa disebut dengan kesadahan air (Marsidi, 2001).

Kandungan maksimum kalsium dan magnesium yang diperbolehkan dalam air minum masing-masing adalah 75–200 mg/L dan 30 - 150 mg/L (Setyaningtyas dkk, 2008). Air berdasarkan tingkat kesadahan diklasifikasikan sebagai berikut: kesadahan < 50 mg/L tergolong air lunak, 50 – 150 mg/L tergolong air menengah, 150 – 300 mg/L tergolong air sadah, dan > 300 mg/L merupakan air sangat sadah (Musiam dkk, 2015).

Adsorpsi merupakan metode yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi bergantung pada kemampuan permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan (Nurdila dkk, 2015). Metode adsorpsi dengan menggunakan adsorben alami banyak digunakan dalam penurunan kesadahan air. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Bahtiar (2008), diperoleh bahwa adsorben serbuk sekam padi dapat mengadsorpsi ion Ca^{2+} dan Mg^{2+} dengan kapasitas adsorpsi berturut turut sebesar 12,18 mg/g dan 11,84 mg/g.

Karbon berpori memiliki luas permukaan yang tinggi, volume pori besar serta mekanis dan termal stabil. Akibatnya, minat dalam penggunaan karbon berpori untuk berbagai aplikasi, termasuk penyimpanan energi elektrokimia, katalis dan pemisahan, dan telah berkembang selama beberapa tahun terakhir (Zhang dkk, 2013). Hanya dengan satu gram dari karbon aktif, akan didapatkan suatu material yang memiliki luas permukaan kira-kira sebesar 500 m² (didapat dari pengukuran adsorpsi gas nitrogen). Biasanya pengaktifan hanya bertujuan untuk memperbesar luas

permukaannya saja, namun beberapa usaha juga berkaitan dengan meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif itu sendiri sehingga mampu menyerap sejumlah pengotor dalam air (Prabarini & Okayadnya, 2014).

Beberapa tahun terakhir, telah berkembang penelitian partikel magnetik yang dapat dengan mudah dipisahkan dari larutan dengan memanfaatkan medan magnet eksternal dan yang unggul dalam pemisahan dan daur ulang. Pemisahan magnetik telah menjadi salah satu teknik yang menjanjikan untuk pemurnian air lingkungan karena sifatnya tidak memproduksi kontaminan seperti flokulan dan memiliki kemampuan menyaring sejumlah besar air limbah dalam waktu singkat. Selain itu, pendekatan ini sangat diinginkan dalam industri karena dapat mengatasi masalah yang hadir dalam filtrasi, sentrifugasi atau pemisahan gravitasi. Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi pemisahan magnetik telah banyak digunakan di bidang pemisahan dan adsorpsi (Wu dkk, 2013).

Sintesis karbon aktif magnetik mempunyai beberapa metode seperti impregnasi, penggilingan, dan ko-presipitasi, telah dikembangkan untuk menggabungkan mereka dengan satu sama lain untuk menghasilkan komposit magnetik, yang dapat digunakan sebagai adsorben untuk menghilangkan berbagai polutan organik. Di antara metode ini, ko-presipitasi adalah metode kimia yang paling menjanjikan, karena sederhana dan tidak ada bahan kimia dan prosedur khusus yang diperlukan (Hashemian dkk, 2015). Komposit karbon aktif-magnetit dibuat dengan cara kopresipitasi in situ menggunakan karbon aktif dan larutan magnetit (Raj & Joy, 2015).

Berdasarkan uraian di atas, maka dikaji pengaruh penambahan karbon aktif pada magnetit dari bahan alam pasir besi untuk meningkatkan kualitas adsorben dalam mengadsorpsi ion kalsium yang terkandung dalam air.

METODE EKSPERIMEN

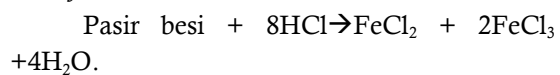
Bahan yang digunakan adalah pasir besi, karbon aktif, HCl, Na₂EDTA (Dinatrium Etylen Diamin Tetra Asetat), EBT (Eritochrome Black T), NaOH, PVA, CaCl₂, NH₄OH, Amonium klorida. Penelitian ini terdiri dari tiga tahapan , yaitu sintesis magnetit (Fe₃O₄), sintesis magnetit-karbon aktif (M:KA) dan mencetak komposit dengan *press hidraulik* diameter 1 cm dan tinggi rata-rata 0,95 cm. Melarutkan pasir besi 23,2 gram dengan HCl 80 mL dan mengaduk menggunakan *magnetic stirer* 70°C. Proses titrasi menggunakan 90 mL larutan NaOH 5M. Setelah itu mencuci dengan aquades sebanyak 5 kali.sampai pH netral. mengeringkan sampel dengan oven suhu 100 °C selama 6 jam.

Membuat magnetit-karbon aktif dengan metode kopresipitasi in-situ. Variasi yang dilakukan adalah perbandingan massa magnetit dengan karbon aktif (M:KA= 1:1) dan (M:KA =1:2). Menggiling karbon aktif dengan *ball milling* sampai halus. Melarutkan pasir besi dengan HCl sehingga terbentuk FeCl₂ dan FeCl₃ lalu menambahkan serbuk karbon aktif dan mengaduk dengan *magnetik stirer* 70 °C. Proses titrasi dengan 90 mL larutan NaOH 5M sehingga terbentuk endapan hitam. Mencuci dengan aquades sebanyak 5 kali sampai pH netral. Melakukan sintering menggunakan oven 100 °C selama 6 jam.

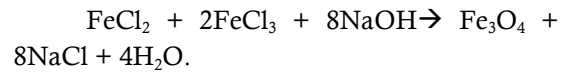
Proses yang terakhir adalah mencetak sampel magnetit dan magnetit-karbon aktif masing-masing menggunakan perekat PVA. Mencampurkan magnetit 0,6 gram dengan 0,5 gram PVA dan menambahkan 2 tetes air. Mencetak menggunakan *press hidraulik* diameter cetakan 1 cm dan tinggi rata-rata 0,95 cm. Melakukan proses yang sama untuk sampel magnetit-karbon aktif. Tahap akhir, melakukan sintering menggunakan oven 100 °C selama 1 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

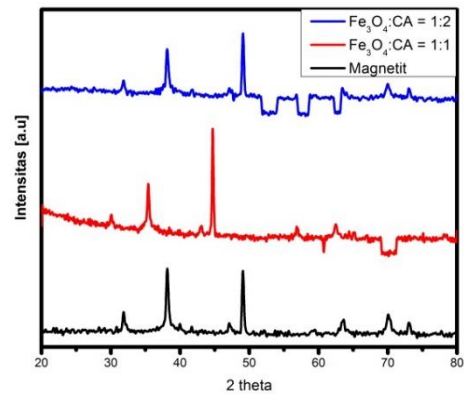
Hasil pembentukan senyawa besi klorida dari pasir besi dan larutan HCl dapat ditunjukkan oleh reaksi berikut:



Pada pembentukan senyawa magnetit maka menambah larutan NaOH sedangkan untuk magnetit-karbon aktif maka menambahkan karbon aktif sebelum proses titrasi. Reaksi pembentukan senyawa magnetit adalah sebagai berikut:



Hasil dari uji XRD menunjukkan terbentuknya partikel Fe₃O₄ pada rentang sudut Bragg 30°-40° seperti ditunjukkan **Gambar 1**



Gambar 1. Pola XRD semua variasi

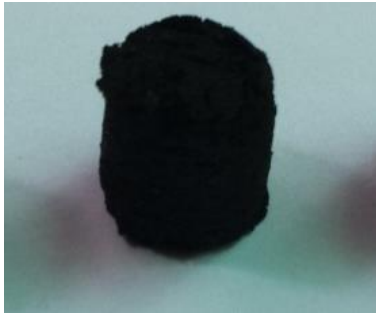
Berikut adalah hasil proses mencetak sampel adsorben dengan press hidraulik 3 ton diameter 1 cm & tinggi rata-rata 0,95 cm . Seperti ditunjukkan **Tabel 1**

Tabel 1. Hasil proses mencetak komposit

Sampel	massa (g)		
	magnetit	m:k=1:1	m:k=1:2
15 menit	1	0,87	0,9
	1,12	0,76	0,88
	1	0,85	0,91
30 menit	1,06	0,76	0,86
	0,85	0,88	0,92
	1,02	0,87	0,87
45 menit	1	0,85	0,9
	0,93	0,84	0,85
	0,82	0,85	0,82
60 menit	1,19	0,65	0,87
	1,14	0,81	0,8
	0,95	0,66	0,93
75 menit	1	0,84	0,86
	0,99	0,66	0,85
	0,77	0,81	0,84

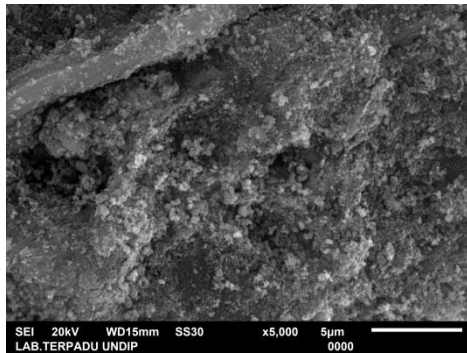
120 menit	1,18	0,81	0,79
	0,99	0,9	0,89
	1,1	0,49	0,84

Contoh dari adsorben yang sudah dicetak menggunakan press hidrolik 3 ton. tinggi rata-rata 0,95 cm dan diameter 1 cm. Seperti ditunjukkan **Gambar 2**.

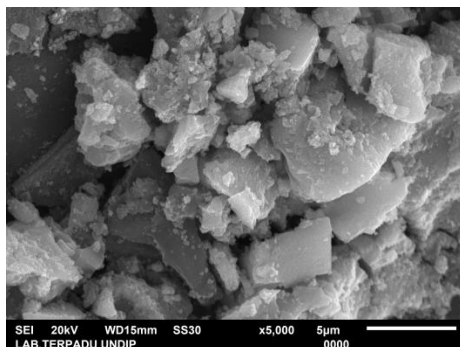


Gambar 2. Sampel komposit adsorben

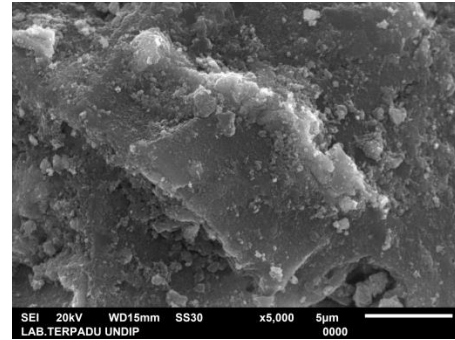
Hasil karakterisasi menggunakan *Scanning Electron Microscopy (SEM)* pada **Gambar 3**.



(a)



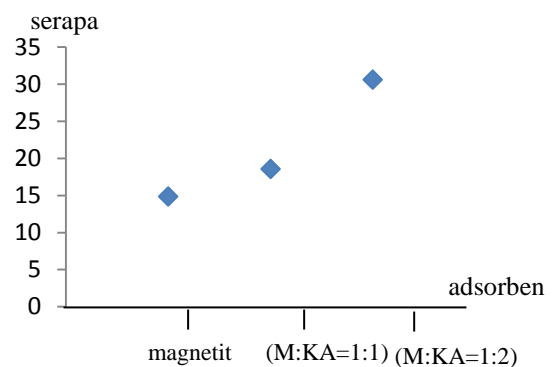
(b)



(c)

Gambar 3 Citra SEM (a) magnetit (b) (M:KA =1:1) (c) (M:KA = 1:2)

Karakterisasi SEM menunjukkan persebaran partikel magnetit dan magnetit-karbon aktif yang homogen. Hasil EDX menunjukkan perbandingan massa magnetit dan karbon aktif mendekati (1:1) dan (1:2). Hasil uji porositas menunjukkan sampel adsorben dengan penambahan karbon aktif mengalami peningkatan. Hal ini dikarenakan jumlah pori-pori semakin banyak. Seperti ditunjukkan oleh **Gambar 4**



Gambar 4. Hasil Uji porositas adsorben magnetit, (M:KA=1:1), dan (M:KA= 1:2)

Nilai porositas yang diperoleh meningkat dengan bertambahnya massa karbon aktif. Pada sampel komposit dengan perbandingan magnetit-karbon aktif (M:KA= 1:1) dan (M:KA=1:2) memiliki nilai porositas tertinggi pada menit ke-75. Penambahan karbon aktif meningkatkan jumlah pori pada komposit sehingga dapat menambah kuantitas adsorpsi.

Kadar ion Kalsium setelah proses adsorpsi diperoleh menggunakan metode titrasi kompleksimetri. Proses adsorpsi menggunakan larutan kalsium klorida 40 ppm. Uji adsorpsi

mengambil larutan kalsium klorida 10 mL dari larutan 40 ppm. Proses adsorpsi menggunakan pengocok dengan kecepatan 300 rpm.

Prinsipnya adalah zat pembentukan kompleks yang dipakai berupa garam Na₂EDTA (dinatrium etylen diamin tetraasetat) yang dalam titrasi dapat bereaksi dengan logam Ca dengan bantuan indikator *Eriochrome Black T* (EBT) pada pH 10 – 11 maka larutan tersebut berwarna merah anggur. Titik akhir titrasi ditandai dengan perubahan warna dari merah muda menjadi merah ungu (Mieftahwati dkk, 2013). Standarisasi larutan Na₂EDTA dengan cara mentitrasi menggunakan larutan kalsium klorida 50 ppm sehingga diperoleh nilai molaritas Na₂EDTA 0.017M. Standarisasi dilakukan bertujuan menentukan molaritas larutan Na₂EDTA.

Menentukan kadar kalsium klorida dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{kadar CaCl}_2(\text{ppm}) = \frac{\bar{V} Na_2EDTA \cdot M Na_2EDTA \cdot 1000 \cdot Mr CaCl_2}{V_{sampel}}$$

$$= \frac{\text{kadar Ca (ppm)} \cdot \frac{Ar Ca}{Mr CaCl_2}}{\text{kadar CaCl}_2}$$

dimana \bar{V} adalah volume titrasi Na₂EDTA ketika mencapai kompleks, M adalah molaritas standarisasi Na₂EDTA, V adalah volume sampel yang dititrasi, dan Ar adalah massa atom relatif. Berikut adalah hasil dari titrasi kompleks seperti ditunjukkan pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**

Tabel 2. Kadar CaCl₂ setelah adsorpsi

t (menit)	CaCl ₂ (ppm)		
	magnetit	m:k=1:1	m:k=1:2
15	35,85	27,676	24,53
30	38,36	22,172	15,09
45	37,11	26,418	16,66
60	32,70	21,70	13,83
75	34,90	23,27	22,01
120	34,90	20,75	11,95

Tabel 3. Kadar Ca setelah adsorpsi

t (menit)	Ca (mg/g)		
	magnetit	m:k=1:1	m:k=1:2
15	0,3385	0,484	0,463
30	0,3572	0,510	0,521
45	0,3872	0,480	0,529
60	0,3440	0,607	0,538
75	0,3973	0,547	0,503
120	0,3354	0,591	0,566

Penambahan buffer ammonia-amonium klorida pH 10 dilakukan sebelum titrasi. Penambahan buffer pH 10 ini berfungsi untuk menstabilkan kompleks yang terjadi antara ligan EDTA dengan kation Ca²⁺ yang ada dalam sampel, namun pH yang terlalu tinggi dapat menyebabkan ion-ion kesadahan hilang dari larutan karena terjadi pengendapan Ca(OH)₂ (Setyaningtyas dkk, 2008). Waktu kontak yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan, maka laju reaksi adsorpsi semakin besar. Kesetimbangan tercapai apabila penambahan waktu interaksi tidak lagi menambah jumlah ion kalsium yang teradsorpsi oleh magnetit dan magnetit-karbon aktif.

Penentuan pengaruh waktu kontak bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh adsorben untuk menyerap ion Ca²⁺ secara maksimum sampai tercapai keadaan setimbang (Irawan dkk, 2015).

Ion kalsium yang terjerap oleh adsorben pada sampel magnetit memiliki nilai terbesar dengan variasi waktu kontak 75 menit yaitu 0.397 mg/g. Waktu kontak pada menit ke-60 mengalami penurunan disebabkan kurangnya adsorbat yang terjerap pada adsorben. Waktu optimum tercapai bilamana peningkatan kadar Ca(II) yang teradsorpsi mencapai titik maksimalnya sehingga penambahan waktu kontak tidak akan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap pengurangan kadar Ca(II) dalam sampel.

Pada waktu ke-120 menit adsorpsi mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena Ca(II) teradsorpsi secara fisik (reversibel) yang menyebabkan semakin lamanya waktu kontak akan menyebabkan terlepasnya kembali Ca(II) kedalam larutan sampel (Lestari, 2010). Pada

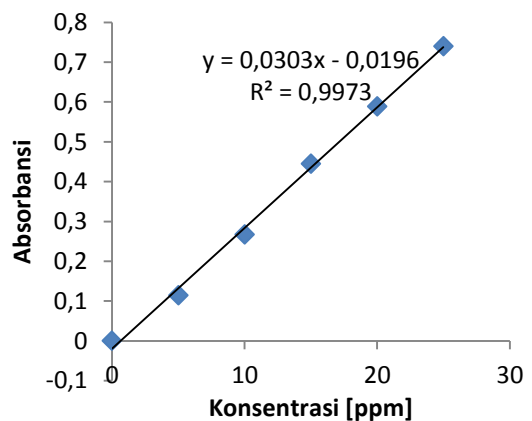
sampel komposit magnetit-karbon aktif dengan variasi (M:KA=1:1) dan (M:KA=1:2), mempunyai waktu kontak optimum pada menit ke-60 dan ke-120. Sampel dengan variasi (M:KA=1:1), mengalami peningkatan adsorpsi pada rentang 15-30 menit. Sedangkan menit ke-45 mengalami penurunan signifikan dalam kemampuan mengadsorpsi karena adsorbat Ca(II) tidak bisa berinteraksi dengan adsorben, karena molekul-molekul adsorbat tidak ada yang berikatan dengan sisi aktif dari adsorben (Anjani & Koestari, 2014). Waktu kesetimbangan yaitu waktu setelah permukaan adsorben jenuh atau telah tertutupi semua oleh adsorbat maka adsorben tidak mampu lagi mengadsorpsi adsorbat. Perpanjangan waktu kontak tidak memberikan pengaruh besar terhadap persentase penurunan kesadahan air kalsium karena permukaan adsorben telah jenuh. Permukaan adsorben yang telah jenuh oleh molekul teradsorpsi tidak akan mampu lagi untuk meningkatkan daya adsorpsinya meskipun konsentrasi adsorbat diperbesar (Setyaningtyas dkk, 2008)

Sampel dengan variasi (M:KA=1:2), memiliki nilai adsorpsi yang meningkat dari rentang menit ke-15 sampai 60. Pada menit ke-75 mengalami penurunan karena pori-pori sampel adsorben sudah penuh terisi oleh adsorbat Ca(II). Sedangkan menit ke-120 mengalami proses adsorpsi tertinggi yang memiliki kemampuan menjerap 0.566 mg/g. Pada adsorben magnetit memiliki tingkat adsorpsi yang lebih sedikit dibanding magnetit berkarbon karena hanya terjadi adsorpsi secara fisik yang mana hanya melapisi satu lapis pada adsorbennya (monolayer), sedangkan pada magnetit berkarbon memiliki luas permukaan lebih besar, sehingga adsorbat lebih teradsorpsi secara menyeluruh.

Konstanta laju reaksi merupakan parameter penting dalam mempelajari kinetika adsorpsi. Untuk menentukan kelajuan adsorpsi digunakan model kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa, Lagergren, dan Ho. Sebelum menghitung kinetika adsorpsi maka terlebih dahulu membuat kurva kalibrasi dengan konsentrasi larutan Ca 0, 5, 10, 15, 20, 25 ppm ditunjukkan Gambar 5. Kurva kalibrasi

bertujuan agar data yang diperoleh dari proses adsorpsi lebih tepat dan akurat.

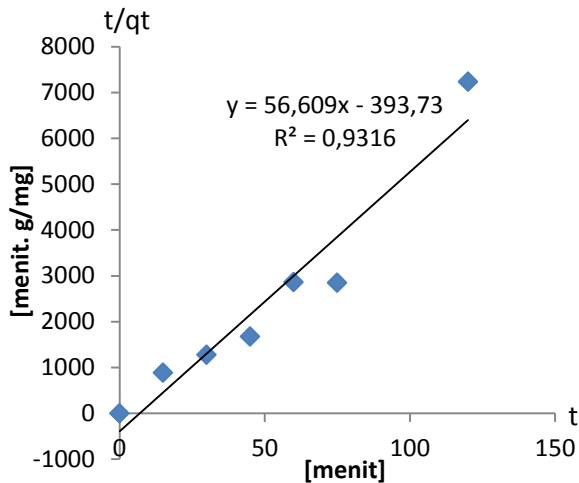
Pada model kinetika Langmuir-Hinshelwood konstanta laju adsorpsi dapat ditentukan dari nilai slope kurva linear t/C_t vs $\ln(C_0/C_t)/C_t$. Model kinetika orde satu semu Lagergren dilakukan dengan membuat kurva linier antara $\ln(q_e - q_t)$ vs t maka akan diperoleh nilai k_1 dan q_e (Umaningrum dkk, 2010). Model kinetika orde dua semu Ho dilakukan dengan membuat kurva $\frac{t}{q_t}$ vs t (Dong dkk, 2010).



Gambar 5. Kurva kalibrasi adsorpsi

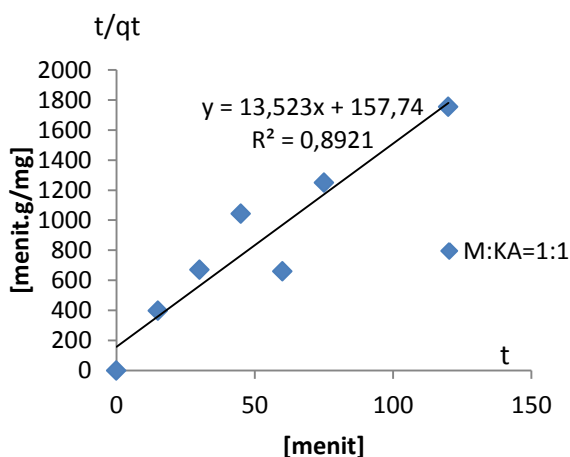
Pada ketiga model kinetika adsorpsi yang digunakan maka diperoleh model kinetika Ho untuk variasi magnetit dan (M:KA=1:1) memberikan faktor kelinieran (R^2) yang mendekati 1 yaitu sebesar 0.931 dan 0.892. Sedangkan untuk (M:KA= 1:2) model kinetika yang sesuai adalah Langmuir-Hinshelwood dengan faktor kelinieran 0.861.

Proses adsorpsi larutan kalsium dengan sampel magnetit dan magnetit-karbon aktif (M:KA=1:1) mengikuti model kinetika pseudo orde dua Ho dengan konstanta laju adsorpsi masing-masing sebesar 8.39 g/mg.menit dan 1.159 g/mg.menit. Sedangkan untuk variasi (M:KA= 1:2) adalah 0.0062 g/Lmenit. Hasil dari model kinetika adsorben magnetit yang cocok ditunjukkan Gambar 6



Gambar 6. Kinetika Ho adsorben Magnetit

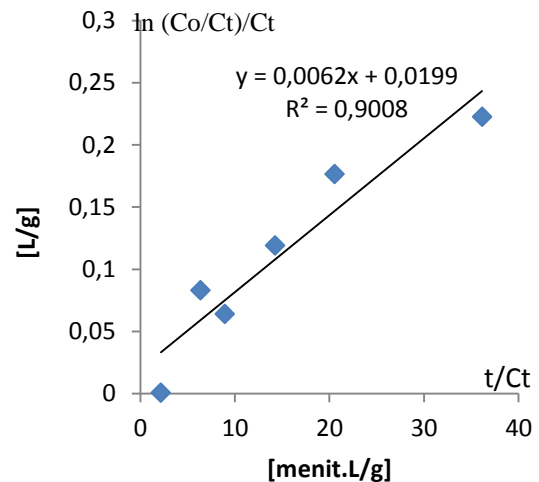
Model kinetika Ho pada sampel magnetit memiliki nilai linearitas 0,9316. Model kinetika Ho mendekati 1. Sehingga dipilih untuk menentukan laju kinetika adsorpsi. Persamaan kinetika Ho , $y = 56.609x - 393.73$ dapat digunakan untuk menentukan jumlah ion kalsium yang teradsorp (q_e) yang nilainya berbanding terbalik dengan slope pada persamaan model kinetika Ho yaitu $q_e = 1/\text{slope}$. Sedangkan kapasitas adsorpsi (h) berbanding terbalik dengan nilai intersept yaitu $h=1/\text{intersept}$. Nilai kinetika adsorpsi (k) dapat ditentukan dari persamaan $(k)= h/q_e^2$. Model kinetika adsorben (M:KA=1:1) ditunjukkan Gambar 7.



Gambar 7. Kinetika adsorpsi Ho sampel (M:KA=1:1)

Model kinetika adsorpsi Ho pada sampel (M:KA=1:1) mempunyai nilai kelinieran (R^2) = 0.8921, karena memiliki nilai kelinieran paling

tinggi diantara model kinetika Langmuir dan Lagergren dengan faktor kelinieran yang mendekati 1 maka dipilih model kinetika Ho untuk mencari kelajuan kinetika adsorpsi. Persamaan yang dihasilkan dari absis t lawan ordinat t/qt yaitu $y= 13,523x + 157,74$. Dengan menggunakan persamaan garis dapat diketahui nilai adsorbat yang teradsorpsi tiap gram (q_e) = $1/\text{slope}$ dan adsorbat yang teradsorpsi tiap gram per satuan waktu (h) = $1/\text{intersep}$. Sehingga diperoleh nilai $q_e = 0,0739$ mg/g dan $h = 0,00634$ mg/g menit. Untuk menentukan kelajuan kinetika adsorpsi Ho dari sampel variasi massa (M:KA=1:1), menggunakan persamaan $k= h/q_e^2$. Dari persamaan tersebut maka diperoleh nilai kelajuan kinetika Ho (k) = $1,159$ g/mg menit. Grafik kinetika adsorpsi Ho mengalami kenaikan dari menit ke-15 sampai 45, serta mencapai puncak tertinggi adsorpsi pada menit ke-120. Model kinetika adsorben (M:KA=1:2) ditunjukkan Gambar 8.



Gambar 8. Model kinetika Langmuir Hinshelwood-Santosa sampel (M:KA=1:2)

Model kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa menggambarkan grafik yang menghubungkan antara t/Ct pada sumbu x dan $\ln(Co/Ct)/Ct$ sumbu y. Mempunyai persamaan garis $y= -0,0062x+0,0199$ dan mempunyai faktor kelinieran (R^2) = 0,90. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai faktor kelinieran Model kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa mempunyai nilai tertinggi dan mendekati 1 dibandingkan dengan model kinetika Ho, dan Lagergren.

Nilai kelajuan adsorpsi (k) sebanding dengan nilai intersep pada grafik kinetika Langmuir-Hinshelwood-Santosa yaitu (k) = $0,0062$ g/L.menit. Artinya kelajuan adsorben

dalam mengadsorpsi yaitu 0,0062 ppm tiap menit. Menggunakan persamaan energi bebas Gibbs maka diperoleh besarnya energi adsorpsi adsorben variasi massa (M:KA= 1:2), yaitu 9,769 kJ/mol. Karena energi adsorpsi yang dihasilkan lebih kecil dari 20,92 kJ/mol maka adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi fisika, dimana ikatan antara adsorbat dengan adsorben mudah terlepas sehingga lebih cepat terjadi desorpsi. Model adsorpsi Langmuir di dasarkan hipotesis fisika, disana tidak terjadi interaksi disamping itu molekul adsorben dan energi adsorpsi terdistribusi secara homogen dengan membentuk lapisan monolayer diatas permukaan adsorben (Sari & Widiastuti, 2010)

SIMPULAN

Magnetit (Fe_3O_4) berhasil diperoleh dengan metode kopresipitasi, dan magnetit-karbon aktif dengan metode kopresipitasi in-situ. Penambahan karbon aktif pada magnetit meningkatkan kapasitas adsorpsi, yang dapat diketahui dari proses titrasi kompleksimetri. Titrasi kompleksimetri dengan EDTA akan menunjukkan jumlah semua ion logam yang ada dalam larutan dalam satuan ppm. Kelajuan adsorpsi dapat diketahui menggunakan model kinetika Ho, Langmuir-Hinshelwood-Santosa, dan Lagergren dengan fungsi regresi linier.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjani. R. P & T. Koestiari. 2014. Penentuan Massa dan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Karbon Granular Sebagai Adsorben Logam Berat Pb(II) dengan Pesaing Ion Na^+ . *UNESA Journal Chemistry*, 3(3).
- Dong, L., Z. Zhu, Y. Qiu, & J. Zhao. 2010. Removal of Lead from Aqueous Solution by Hydroxyapatite/ Magnetite Composite Adsorbent. *Chemical Engineering Journal*, 165(3) : 827-834.
- Hashemian. S., A. Dehghanpor, & M. Moghahed. 2015. Synthesis and characterization of manganese ferrite spinel for adsorption of malachite green from water. *Oriental Journal Of Chemistry*, 31(3).
- Irawan, C., Atikah, & B. Rumhayati. 2014. Adsorption of Iron(II) By Fly Ash Adsorbent from Coal. *Journal Pure App Chem Res* : 88-98.
- Lestari. A. 2009. *Sintesis dan Karakterisasi Komposit Apatit-Kitosan dengan Metode In-Situ dan Ex-Situ*. Skripsi. Bogor: Fisika IPB.
- Marsidi.R. 2001. Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 2(1).
- Miefthawati. N. P., L. Gusrina, & F. Axela. 2013. Penetapan Kadar Kalsium Pada Ikan Kembung Segar dan Ikan Kembung Asin Secara Kompleksometri. *Jurnal Analis Kesehatan Klinikal Sains* 1:1-9.
- Musiam. S., S. Darmiani, & A. M. P. Putra. 2015. Analisis Kuantitatif Kesadahan Total Air Minum Isi Ulang yang Dijual di Wilayah Kayu Tangi Kota Banjarmasin. *Jurnal Ilmiah Manuntung* 1 (2) : 145-148.
- Nurdila. F. A., N. S. Asri., & E. Suharyadi. 2015. Studi Adsorpsi Logam Fe (II), Ni (II), dan Cu (II) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Adsorben Nanopartikel Magnesium Ferrite. *Jurnal Fisika Indonesia*, XIX(April) : 204–207.
- Prabarini, N. & D. G. Okayadnya. 2014. Penyisihan Logam Besi (Fe) Pada Air Sumur dengan Karbon Aktif dari Tempurung Kemiri. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 5(2) : 33–41
- Raj, K. G., & P. A. Joy. 2015. Journal of Environmental Chemical Engineering Coconut Shell Based Activated Carbon–Iron Oxide Magnetic Nanocomposite for Fast and Efficient Removal of Oil Spills. *Journal of Enviromental Chemical Engineering* : 1–8.
- Sari, I. P., & W. Nurul. 2010. Adsorpsi Methylen Blue dengan Abu Dasar Pt.Ipmomi Probolinggo Jawa Timur dan Zeolit Berkarbon. *Prosiding Kimia FMIPA-ITS*. Surabaya: Jurusan Kimia ITS.
- Setyaningtyas, T., R. Andreas, & K. Riyani. 2008. Potensi Humin Hasil Isolasi Tanah Hutan Damar Baturraden Dalam Menurunkan Kesadahan Air. *Jurnal Molekul*, 3(2). Purwokerto: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jendral Sudirman.

Umaningrum, D, U. T. Santoso, R. Nurmasari, & R. Yunus. 2010. Adsorption Kinetics of Pb(II), Cd(II) And Cr(III) on Adsorbent Produced by Protected-Crosslinking of Humic Acid-Chitosan Kinetika. *Indo. J. Chem*, 10(42) : 80–87.

Wu. Q., C. Feng, C. Wang & Z. Wang. 2013. A facile One-pot Solvothermal Method to Produce Superparamagnetic Graphene–Fe₃O₄ Nanocomposite and its Application in the Removal of Dye from Aqueous Solution. *Elsevier Press* (101):210-214

Zhang. C., Z. Mo, P. Zhang, C. Feng, & R. Guo. 2013. Facile Synthesis of Porous Carbon@Fe₃O₄ Composites and Their Applications in Wastewater Treatment. *Journal Materials Letters*, 106 : 107–110.