

	<p>ANALISIS KEMAMPUAN TANAH DI DAERAH DANAU DENDAM KOTA BENGKULU DALAM MENJERAP LOGAM KROMIUM Tiara Laudia^{*1}, I Nyoman Candra², Elvinawati³ ^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP Universitas Bengkulu *E-mail : tiaraalaudia@gmail.com</p>					
						

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate as well as to assess the soil ability in adsorbing chromium. In this research we tested the effect of pH, weight and optimum contact time of soil in absorbing Cr metal. Soil samples were obtained from the Danau Dendam area of Bengkulu City from 4 different points using a soil drill to a depth of 20 cm. Then the pattern of adsorption is known by the parameters of Freundlich and Langmuir. *Chromium concentration* measured by spectrophotometer uv-vis. The optimum conditions for chromium adsorption were occurred at pH 3; soil weight 3 gram; and contact time 5 hours. The results showed that the soil sample used had an average moisture content of 19.13%; soil pH 4; and the texture of the soil used from the four different points is clay textured and dusty loam. From the FTIR spectrum obtained, it is known that the functional clusters located on the ground surface are the functional clusters OH, C = O, CO, aromatic CH, and CX (X = halide) which can each be seen at the wave number 3433.29 cm^{-1} , 1633.71 cm^{-1} , 1382.96 cm^{-1} , 692.44 cm^{-1} , and 468.70 cm^{-1} . To visualize adsorption pattern, adsorption isotherm was studied. From data analyzed, the data experiment fitted Freundlich isotherm with maximum adsorption capacity 2163.2 mg/g and it felt into class E (very high).

Keywords: *Adsorption, Spectrophotometer UV-Vis, Chromium.*

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana kemampuan tanah dalam menyerap logam Cr. Pada penelitian ini diuji pengaruh pH, massa dan waktu kontak optimum tanah dalam menyerap logam Cr. Sampel Tanah diperoleh dari daerah Danau Dendam Kota Bengkulu dari 4 titik yang berbeda dengan menggunakan bor tanah sampai kedalaman 20 cm. Kemudian pola penyerapan diketahui dengan parameter Freundlich dan Langmuir. Analisis dilakukan menggunakan metode Spektrofotometri UV-Vis. Kondisi optimum adsorpsi logam Cr pada tanah yaitu pada pH 3, berat adsorben 3 gram, dan waktu kontak 5 jam. Isoterm adsorpsi yang lebih dominan pada adsorpsi logam Cr oleh tanah adalah pada isoterm Freundlich yaitu dengan melihat nilai koefisien korelasi (R^2). Hasil penelitian diperoleh bahwa sampel tanah yang digunakan memiliki rata-rata kadar air sebesar 19,13% ; pH tanah 4; dan tekstur tanah yang digunakan dari keempat titik berbeda bertekstur lempung dan lempung berdebu. Kapasitas adsorpsi tanah dalam menyerap logam Cr adalah sebesar 2.163,2 mg/g. Dari spektrum FTIR yang diperoleh diketahui bahwa gugus fungsi yang terdapat pada permukaan tanah yaitu gugus fungsi O-H, C=O, C-O, C-H aromatik, dan C-X (X = halida) yang masing-masing dapat dilihat pada bilangan gelombang $3433,29\text{ cm}^{-1}$, $1633,71\text{ cm}^{-1}$, $1382,96\text{ cm}^{-1}$, $692,44\text{ cm}^{-1}$, dan $468,70\text{ cm}^{-1}$. Berdasarkan parameter isoterm, penyerapan tanah terhadap logam Cr ini termasuk golongan kelas E (sangat tinggi).

Kata kunci : *Adsorpsi, Spektrofotometer UV-Vis, Logam Cr*

PENDAHULUAN

Tanah merupakan campuran heterogen yang tersusun dari berbagai komponen yang berada pada permukaan bumi. Tanah banyak dimanfaatkan di permukaan bumi dan di samping memberikan manfaat tanah menjadi tempat pembuangan limbah. Berbagai aktifitas manusia menghasilkan produk samping berupa limbah yang secara langsung maupun tidak langsung akan masuk dan terakumulasi di dalam tanah.

Logam berat merupakan salah satu limbah yang berasal dari pertanian. Logam berat juga diperlukan tumbuhan dalam konsentrasi yang kecil [1]. Logam berat memiliki sifat beracun terhadap makhluk hidup, walaupun beberapa di antaranya diperlukan dalam jumlah kecil [2].

Logam kromium merupakan salah satu logam berat yang merupakan polutan yang kemungkinan dapat terakumulasi di dalam tanah. Pengairan tanah pertanian dapat memungkinkan air untuk irigasi yang mengalir sepanjang jalur irigasi dapat menjadi tempat pembuangan limbah yang mengandung kromium. Sehingga kromium yang ada di air irigasi tersebut dapat mencapai tanah. Salah satu tanah di Kota Bengkulu yang dialiri air irigasi yaitu di jalan Danau Dendam.

Konsentrasi Cr pada sampel air danau dendam yaitu sebesar 1,28 ppm, sehingga potensi Cr yang teradsorpsi ke dalam tanah cukup besar. Dan ambang batas logam Cr yang diperbolehkan di tanah sawah maksimal sebesar 2,5 ppm [3].

Adsorpsi merupakan proses utama yang berperan dalam akumulasi zat/senyawa di dalam

tanah. Keberadaan logam Cr di dalam tanah ditentukan oleh kemampuan tanah dalam menyerap logam Cr tersebut.

Kemampuan tanah dalam mengikat dan menahan logam berat termasuk kromium sangat penting karena terkait dengan keberadaan logam Cr di dalam tanah. Apabila tanah mengikat Cr secara kuat, maka ketika ada logam Cr masuk ke tanah, maka logam ini akan sulit terelusi oleh air (tetap tinggal di tanah).

Sifat presipitasi dan adsorpsi Cr di tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya potensi redoks, oksidasi, pH, mineral tanah, kompetisi ion, agen pengompleks [4].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan tanah di daerah Danau Dendam kota Bengkulu dalam menyerap kromium.

METODE PENELITIAN

Sampel tanah di ambil pada tanggal 4 April 2017. Sampel tanah diambil dari lahan pertanian di Jalan Danau Dendam Kelurahan Dusun Besar Kota Bengkulu.

Sampel tanah diambil dari 4 titik yang berbeda dengan menggunakan bor tanah sampai kedalaman 20 cm. Tanah yang sudah diambil dimasukan ke dalam 4 plastik. Tanah disimpan di dalam kulkas untuk menjaga kondisi alami tanah. Tanah dari 4 titik pengambilan terlebih dahulu dikarakterisasi sebelum diuji kemampuannya menyerap logam Cr.

Karakterisasi tersebut meliputi penentuan kadar air, pH, dan penentuan tekstur tanah. Uji FTIR pada tanah diperlukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam sampel tanah yang digunakan. Uji FTIR pada penelitian ini menggunakan Shimadzu spektrofotometer dengan spektrum infra merah sedang (angka gelombang 500-4000 cm^{-1}) [5].

Larutan standar ion logam dibuat dengan cara mengencerkan larutan standar terlebih dahulu, yaitu diambil sebanyak 10 mL larutan standar Cr ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1000 ppm, lalu diencerkan lagi larutan standar 100 ppm yang didapat menjadi 10 ppm.

Sebelum dicari tahu kemampuan tanah dalam menyerap ion logam Cr^{6+} terlebih dahulu dilakukan pembuatan kurva standar logam Cr. Diambil sebanyak 0,5 : 1 : 2 : 4 : 6 : 8 : 10 : 20 : dan 30 mL dari larutan Cr 10 ppm kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 50 mL.

Ditambahkan larutan pengompleks sebanyak 2 mL 1,5 *diphenyl carbazide* 0,5 %, 4 tetes H_2SO_4 6 M dan aquades hingga tanda batas. Diperoleh variasi konsentrasi yaitu : 0,1 ; 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; 1,2 ; 1,6 ; 2 ; 4 dan 6 ppm.

Disiapkan larutan blanko dengan cara memasukkan aquades ke dalam kuvet. Diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang optimum logam Cr.

Kemudian ditentukan kondisi optimum untuk mengetahui kapasitas adsorpsi tanah yaitu penentuan pH optimum Rentang pH yang diuji dalam penentuan pH optimum adalah pH 1-7.

Tabung vial 100 mL diisi dengan larutan Cr dengan konsentrasi 10 ppm sebanyak 10 mL (volume total setelah ditambahkan HCl dan NaOH pada setiap pH yaitu 1-7).

Kemudian tanah seberat 5 gram dimasukan ke dalam larutan tersebut. Kemudian digoncang-goncang sebentar. Kemudian diatur agar pH larutan nya menjadi 1 dengan menggunakan HCl encer (untuk menurunkan pH) dan NaOH (untuk menaikkan pH).

Setelah itu, larutan digoncang-goncang dengan menggunakan shaker selama 3 jam. Setelah itu, campuran disaring dengan menggunakan kertas saring. Langkah yang sama juga dilakukan untuk pengujian pada pH 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Selanjutnya hitung kapasitas adsorpsinya.

Kemudian dilakukan penentuan berat tanah optimum dengan cara yang sama seperti penentuan pH optimum, namun digunakan variasi berat tanah yaitu 0,5 : 1 : 2 : 3 : 5 dan 6 gram. Dan diatur dengan pH optimum dan campuran digoncang-goncang selama 3 jam.

Setelah didapatkan berat adsorben optimum dilakukan penentuan waktu kontak optimum dengan cara yang sama juga, tetapi waktunya yang divariasikan, waktu kontak yang diuji adalah 1 : 3 : 4 : 5 : 6 : 12 dan 24 jam.

Tanah diambil sejumlah berat optimum yang telah diperoleh, selanjutnya pH diatur sesuai dengan pH yang diperoleh pada penentuan pH optimum. Dan di shaker selama variasi waktu tersebut.

Setelah kondisi optimum diperoleh, selanjutnya dilakukan penentuan isoterm adsorpsi. Di sediakan 5 botol vial ke dalam masing-masing botol dimasukan larutan Cr standar sebanyak 10

mL dengan konsentrasi masing-masing 1 : 12 : 15 : 20 dan 25 ppm.

Selanjutnya, ke dalam masing-masing botol dimasukan tanah sejumlah berat optimum dan diatur pH nya sesuai dengan pH optimum dan dishaker selama waktu optimum.

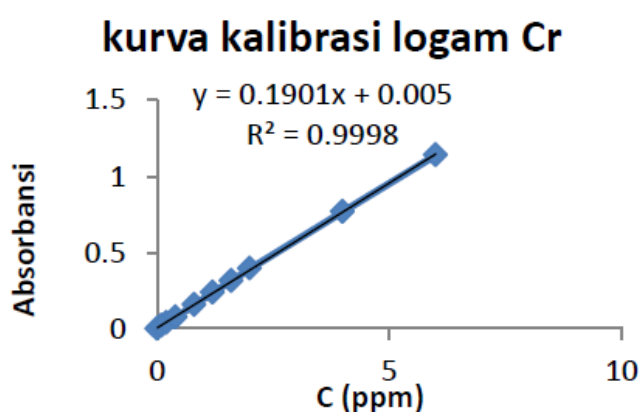
Selanjutnya campuran disaring dan supernatan yang diperoleh diukur kadar kromiumnya dengan menggunakan spektrofotometer uv-vis. Untuk masing-masing konsentrasi (1 ppm, 12 ppm, 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm) ditentukan kapasitas adsorpsinya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai bulan Juni 2017. Sampel tanah yang diambil dibersihkan dari pengotor-pengotor sampah seperti ranting, daun-daun. Sebelum digunakan sampel dihomogenisasi dengan teknik *quartering* (dibagi 4 bagian). Dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh agar ukurannya sama rata.

Hasil karakterisasi yang didapat yaitu tanah memiliki pH 4, kadar air sebanyak 19,13%, dan tekstur 4 titik adalah lempung dan lempung berdebu. Tekstur tanah yang banyak mengandung *clay* akan memiliki daya adsorpsi yang baik [6].

Selanjutnya pembuatan kurva standar dilakukan dengan menggunakan panjang gelombang optimum yang telah diperoleh yaitu 553 nm.



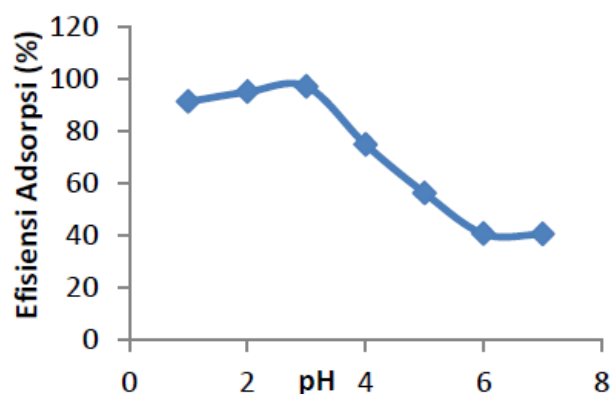
Gambar 1. Kurva Standar Logam Cr

Dari gambar 1 dapat dilihat bahwa R^2 dari kurva standar Cr yaitu 0,9998 ini menunjukkan kurva standar yang diperoleh sudah memenuhi syarat yaitu nilainya mendekati 1 dan garis linier dengan gradient positif. Dimana untuk memenuhi

syarat kurva standar harus memiliki harga koefisien determinasi, R^2 mendekati 1 [7].

Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pada pH berapa adsorben dapat meningkatkan kapasitas adsorpsinya dalam mengadsorpsi logam Cr dengan maksimal. Semakin tinggi tingkat keasaman larutan, maka semakin tinggi pula tingkat adsorpsi suatu senyawa [8].

Dimana pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, derajat ionisasi, dan spesi apa saja yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut [9]. Keasaman mempengaruhi kemampuan muatan pada situs aktif atau gugus fungsi yang mana ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif adsorben [10]. Selain itu, pH juga akan mempengaruhi spesies logam yang ada dalam larutan [11].



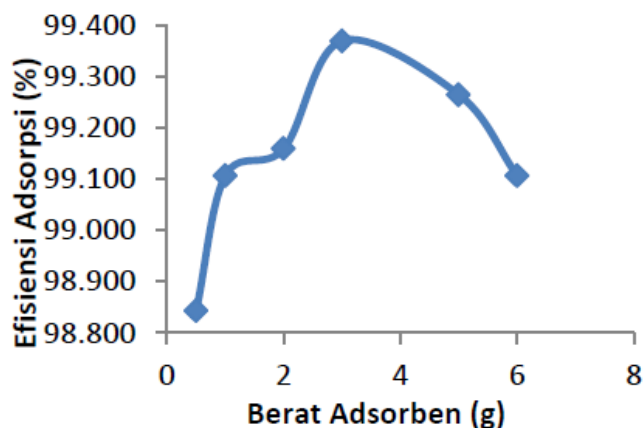
Gambar 2. Kurva Hasil Penentuan pH Optimum Tanah Dalam Menjerap Logam Cr

Konsentrasi larutan Cr yang terserap meningkat hingga pH 3. Dan setelah melewati pH 3, konsentrasi larutan Cr yang terserap terlihat terus menurun hingga pH 7. Pada pH 3 dengan efisiensi adsorpsi paling tinggi yaitu 97% merupakan pH optimum.

Dari pH rendah (suasana asam) terlihat bahwa semakin besar pH, maka jumlah larutan Cr yang terserap semakin tinggi. Namun ketika larutan Cr berada pada pH yang sudah melewati pH optimum (suasana basa) jumlah larutan Cr yang terserap menjadi menurun.

Penentuan berat adsorben optimum dilakukan untuk mengetahui berat optimum

adsorben untuk mencapai kapasitas adsorpsinya dalam menyerap logam Cr.

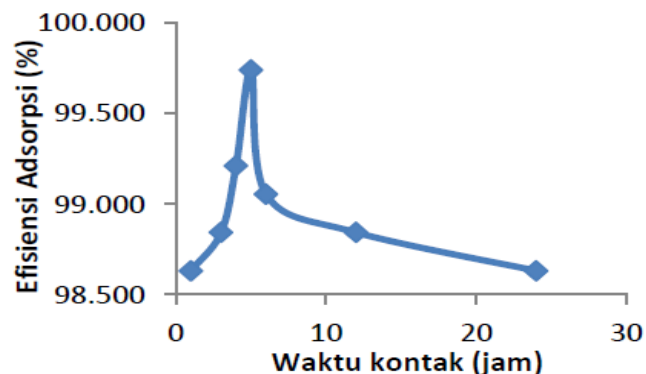


Gambar 3. Kurva Hasil Penentuan Berat Optimum Tanah Dalam Menjerap Logam Cr

Dari gambar 3 terlihat bahwa daya serap adsorben terhadap logam Cr^{6+} secara umum mengalami peningkatan di awal adsorpsi seiring dengan bertambahnya berat tanah. Ketika berat adsorben melebihi berat optimum maka akan banyak sisi aktif yang tidak jenuh pada permukaan adsorben.

Jumlah sisi-sisi yang tersedia untuk pengikatan menurun dengan peningkatan jumlah adsorben tersebut. Hal ini akan menyebabkan terbentuknya gumpalan-gumpalan yang menyebabkan berkurangnya luas permukaan adsorben. Berat adsorben optimum yaitu pada berat tanah 3 gram, dimana nilai efisiensi adsorpsinya sebesar 99,37%.

Pengukuran waktu kontak optimum dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh adsorben (tanah) dalam menyerap logam Cr^{6+} secara maksimum hingga tercapai keadaan setimbang atau waktu yang dibutuhkan adsorben untuk meningkatkan kapasitas adsorpsinya dalam mengadsorpsi logam Cr.



Gambar 4. Kurva Hasil Penentuan Waktu Kontak Optimum Tanah Dalam Menjerap Logam Cr

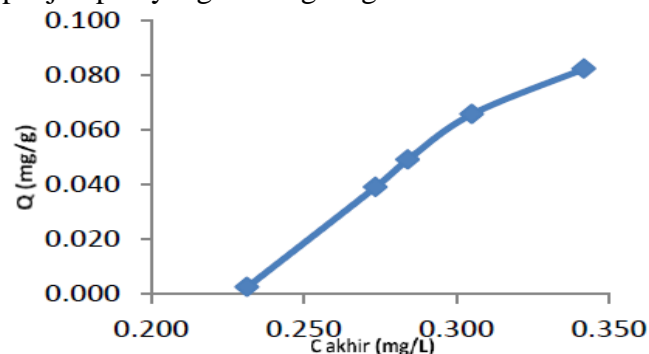
Dari gambar 4 terlihat bahwa daya serap adsorben terhadap logam Cr^{6+} secara umum mengalami peningkatan di awal adsorpsi seiring dengan bertambahnya waktu interaksi. Hal tersebut berlangsung dari selang waktu adsorpsi 1-5 jam, tetapi setelah itu mengalami penurunan secara bertahap hingga waktu 24 jam.

Hal ini disebabkan karena setelah waktu 5 jam, ikatan antara adsorbat ion logam Cr^{6+} dengan adsorben tanah semakin jenuh, sehingga adsorbat ion logam Cr^{6+} cenderung mempertahankan diri untuk tetap berada dalam larutan.

Setelah mencapai titik optimum konsentrasi larutan Cr yang terserap semakin sedikit karena adsorbat membentuk suatu lapisan di permukaan adsorben yang menutupi lapisan adsorben, sehingga menyebabkan daya adsorpsinya semakin berkurang [12].

Kapasitas adsorpsi tertinggi logam Cr adalah pada waktu kontak 5 jam yaitu efisiensi adsorpsi sebesar 99,7%.

Penentuan isoterm adsorpsi dilakukan untuk mengetahui pola atau karakteristik penyerapan yang berlangsung.



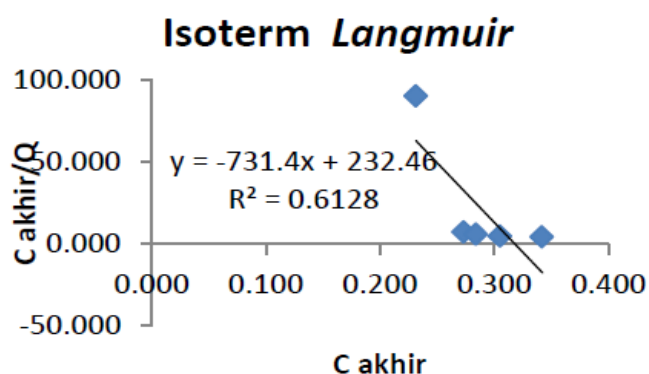
Gambar 5. Kurva Hasil Penentuan Isoterm

Adsorpsi Tanah Dalam Menjerap Logam Cr

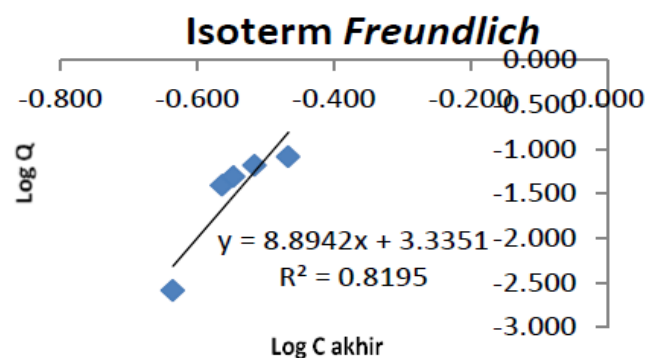
Dari gambar 5 dapat dilihat bahwa umlah logam Cr yang teradsorpsi akan meningkat dengan penambahan konsentrasi logam Cr di dalam larutan pada kondisi setimbang.

Setelah konsentrasi Cr tertentu (Cakhir 0,3 mg/L), jumlah Cr yang teradsorpsi tetap mengalami peningkatan akan tetapi tidak signifikan dibandingkan pada konsentrasi Cr lebih kecil dari 20 ppm.

Dalam penentuan isoterm adsorpsi digunakan isoterm *Langmuir* dan isoterm *Freundlich*.



Gambar 6. Kurva Penentuan Isoterm Adsorpsi Logam Cr Oleh Tanah Menggunakan Model Isoterm *Langmuir*.



Gambar 7. Kurva Penentuan Isoterm Adsorpsi Logam Cr Oleh Tanah Menggunakan Model Isoterm *Freundlich*.

Dari gambar 6 dan gambar 7 terlihat karakteristik adsorpsi logam Cr pada tanah mengikuti model isoterm *Freundlich* yang terlihat dari nilai regresi (R_2) dari keduanya, model *Langmuir* dengan R_2 : 0,6128 dan model *Freundlich* R_2 : 0,8195. Jika cenderung mengikuti

isoterm *Freundlich* maka adsorpsi berlangsung secara fisisorpsi *multilayer*.

Adapun persamaan *Freundlich* yaitu:

$$\log q_e = \log KF + \frac{1}{n} \log C_e$$

Tabel 1. Parameter Isoterm *Freundlich*

Adsorben	Parameter <i>Freundlich</i>	Logam Cr
Tanah	KF	2163,22 mg/g
	N	0,11
	R_2	0,82

Keterangan: K_F = parameter *Freundlich*, n = konstanta empiris, R_2 = koefisien determinasi

Dari Tabel parameter *Freundlich* terlihat kapasitas adsorpsi adsorben. Kapasitas adsorpsi maksimum tanah dalam menjerap logam Cr adalah 2163,22 mg/g.

Berdasarkan parameter isoterm tersebut, penyerapan tanah dalam menjerap logam Cr ini tergolong kelas E (sangat tinggi). Semakin besar nilai K_F maka daya adsorpsi suatu logam terhadap adsorben semakin baik [13].

Adsorben (tanah) mampu mengikat Cr secara kuat, ini berarti ketika ada logam Cr yang masuk ke tanah, maka logam Cr akan sulit terelusi oleh air atau akan tertahan dan tetap tinggal di tanah tersebut. Dan logam Cr tidak akan mencemari tumbuhan dan lingkungan sekitarnya.

Kemungkinan penyerapan Cr berlangsung melalui interaksi asam basa Lewis, dimana yang bertindak sebagai asam Lewis adalah logam Cr dan sebagai basa lewis adalah senyawa pendonor elektron pada tanah misal nya gugus $-OH$, $-COOH$ dan $-NH_2$. [14]

Proses adsorpsi juga mungkin berlangsung melalui interaksi elektrostatis dimana, pada suasana asam, gugus-gugus yang mungkin terdapat pada tanah akan terprotonasi yang mengakibatkan terbentuknya muatan positif.

Muatan positif yang terbentuk akan berinteraksi secara elektrostatis dengan muatan negatif. Pada kasus ini, logam Cr dapat teradsorpsi dalam bentuk $HCrO_4^-$, CrO_4^{2-} dan $Cr_2O_7^{2-}$. [15]

Analisa FTIR dilakukan pada adsorben tanah. Berdasarkan spektrum FTIR yang diperoleh dapat diketahui bahwa gugus fungsi yang terdapat pada permukaan tanah yaitu gugus fungsi O-H, C=O, C-O, C-H aromatik, dan C-X (X = halida). Masing-masing dapat dilihat pada bilangan

gelombang $3433,29\text{ cm}^{-1}$, $1633,71\text{ cm}^{-1}$, $1382,96\text{ cm}^{-1}$, $692,44\text{ cm}^{-1}$, dan $468,70\text{ cm}^{-1}$.

SIMPULAN

Sampel tanah yang digunakan dalam penelitian ini memiliki rata-rata kadar air sebesar 19,13% ; pH tanah 4; dan tekstur tanah yang digunakan dari keempat titik berbeda bertekstur lempung dan lempung berdebu.

pH optimum pada adsorpsi logam Cr adalah 3, dengan berat adsorben optimum 3 gram, dan waktu kontak optimum 5 jam.

Kapasitas adsorpsi tanah dalam menyerap logam Cr adalah 2.163,2 mg/g. Berdasarkan parameter isotherm, penyerapan tanah terhadap logam Cr ini termasuk kedalam golongan kelas E (sangat tinggi).

SARAN

Sebelum melakukan penelitian, tanah sawah sebaiknya tidak pada keadaan baru diairi untuk ditanami agar tanah yang diambil dalam posisi kering. Dan juga perlu dilakukan variasi tempat pengambilan sampel tanah, agar bisa diketahui perbedaan kapasitas adsorpsi dari berbagai jenis tanah, dan tanah yang digunakan dapat mewakili Kota Bengkulu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nuraini, R.A.T., Hadi Endrawati dan Ivan Riza Maulana, Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Trimulyo Semarang, *Jurnal Kelautan Tropis*, 2017, 20(1): 48 –55
- [2] Hidayat, B., Remediasi Tanah Tercemar Logam Berat Dengan Menggunakan Biochar, *Jurnal Pertanian Tropik*, 2015, 2(1): 51- 61
- [3] Santoso, Johanis P. Haumahu, dan Maimuna La Habi, Analisis Spasial Pencemaran Logam Berat Sebagai Dampak Tempat Pembuangan Akhir Sampah Kota Ambon Pada DAS Wai Yori Di Negeri Passo, *Jurnal Budidaya Pertanian*, 2016, 12(2): 55-65.
- [4] Kurniawan, A., dan Nuraeni Ekowati, Review: Mikoremediasi Logam Berat, *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia*, 2016, 3(1): 36-45.
- [5] Pranoto., Tri Martini dan Winda Maharditya, Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol /Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe) *Alchemy*, 2020,16(1): 50-66.
- [6] Bintoro, A., Danang Widjajanto dan Isrun, Karakteristik Fisik Tanah Pada Beberapa Penggunaan Lahan Di Desa Beka Kecamatan Marawola Kabupaten Sigi, *e-J. Agrotekbis*, 2017, 5 (4) : 423 – 430.
- [7] Hendayana, S., 1994. *Kimia Analitik Instrumen*. Semarang: IKIP Semarang Press. ISBN: 979-810-797-7.
- [8] Syaunqiah, I., Mayang Amalia dan Hetty A. Kartini, Analisis Variasi Waktu Dan Kecepatan Pengaduk Pada Proses Adsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif, *Info Teknik*, 2011, 12(1): 11 - 20.
- [9] Nurhasni, Hendrawati dan Nubzah Saniyyah, Sekam Padi untuk Menyerap Ion Logam Tembaga dan Timbal dalam Air Limbah, *Valensi*, 2014, 4 (1): 36-44
- [10] Intan, D., Irwan Said, dan Paulus H. Abram, Pemanfaatan Biomassa Serbuk Gergaji Sebagai Penyerap Logam Timbal *Jurnal Akademika Kimia*, 2016, 5(4):166 - 171
- [11] Amalina, Y.N., Zainus Salimin dan Sudarno, Pengaruh pH dan Waktu Proses dalam Penyisihan Logam Berat Cr, Fe, Zn, Cu, Mn, dan Ni dalam Air Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Oksidasi Biokimia, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2015, 4(3): 1-9.
- [12] Aisyahlika, S.Z., M. Lutfi Firdaus dan Rina Elvia., Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odollam*) Terhadap Zat Warna Sintetis *Reactive Red -120 Dan Reactive Blue-198*, *Alotrop*, 2018: 2(2): 148-155.
- [13] Apriyanti, H., I Nyoman Candra dan Elvinawati Karakterisasi Isotherm Adsorpsi dari Ion Logam Besi (Fe) Pada Tanah di Kota Bengkulu, *Alotrop*, 2018: 2(1) :14-19.

- [14] Sudjana, E., Maman Abdurachman dan Yuyu Yuliasari, Karakterisasi Senyawa Kompleks Logam Transisi Cr, Mn, Dan Ag Dengan Glisin Melalui Spektrofotometri Ultraungu Dan Sinar Tampak, *Jurnal Bonatura*, 2002, 4(2): 69 - 86
- [15] Mawardi dan Rahmi Khairun Nisa, Optimasi Tanah Napa sebagai Adsorben Ion Logam Kromium (IV), *Periodic*, 2013, 2 (1): 46-50.