

**Hubungan Antara pH dan C-Organik Terhadap Ion Logam Cr(VI)
Pada Tanah Bekas Pertambangan : Kajian Reaksi Kimia**

***The Relationship Between pH and C-Organic Toward Cr(VI) Metal Ion in
Ex-land of Mining : The Assesment of Chemical Reaction***

Ahmad Fatoni

Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFI) Bhakti Pertiwi
Jln. Ariodillah 3 No. 22 A Palembang Sumatera Selatan 30128
Penulis untuk korespondensi : telpon/Fax : (0711) 315579 - (0711) 358930
e-mail : ahfatoni@yahoo.com

ABSTRACT

The assesment of chemical reaction between pH and C-organic to the concentration Cr(VI) metal ion in ex-land of mining was describe on this paper. The chemical reaction can explain relationship between pH, C-organic and Cr(VI) metal ion as a data for a reclamation process. The concentration of (VI) metal ion can change to Cr(III) metal ion was influenced by pH and C-organic of land. The data obtained from the result of researchs. The high concentration of Cr(VI) metal ion can change to Cr(III) metal ion with decrease of pH, while the increas of the concentration of land C-organic can decrease of the concentration of Cr(VI) metal ion.

Key words : C-organic, Cr(VI), Cr(III), pH

ABSTRAK

Kajian reaksi kimia antara pH dan C-organik terhadap konsentrasi ion logam Cr(VI) pada tanah bekas pertambangan dibahas dalam makalah ini. Reaksi kimia dapat menjelaskan hubungan antara pH dan ion logam Cr(VI) serta C-organik tanah dan ion logam Cr(VI) sebagai data untuk proses reklamasi. Konsentrasi ion logam Cr(VI) dapat berubah menjadi ion logam Cr(III) dipengaruhi oleh pH dan C-organik tanah. Data yang diperoleh dari berbagai hasil penelitian. Konsentrasi ion logam Cr(VI) yang tinggi dapat berubah menjadi ion logam Cr(III) dengan menurunnya pH sedangkan konsentrasi C-organik tanah meningkat dapat menurunkan konsentrasi ion logam Cr(VI).

Kata kunci : C-organik, Cr(VI), Cr(III), pH

PENDAHULUAN

Perluasan lahan untuk pertanian atau perkebunan di Indonesia di masa yang akan datang dihadapkan pada masalah produktivitas lahan yang rendah dari tahun ke tahun. Proses ekstensifikasi pertanian di Indonesia di luar pulau Jawa sebagai salah satu alternatif untuk memenuhi permintaan hasil pertanian atau perkebunan yang semakin tinggi.

Ekstensifikasi pertanian di luar pulau Jawa dapat sebagai alternatif karena tanah non pertaniannya masih luas. Tersedianya tanah non-pertanian tersebut bisa jadi salah satunya sebagai akibat kegiatan atau aktivitas pertambangan (Margarettha, 2010) yang hasilnya dapat menimbulkan rusaknya lingkungan, ekosistem dan kesuburan tanah.

Penambangan batu bara umumnya dilakukan secara terbuka, padahal cara tersebut dapat menimbulkan kerusakan lahan sehingga dapat menimbulkan tanah yang masam (pH rendah) dan adanya garam-garam yang dapat meracuni tanaman atau tumbuhan yang menandakan tingkat kesuburan tanah (Yustika dan Tala'ohu, 2006; Margareta, 2010 dan Zulkarnain, 2014) dan akhirnya akan menjadi kendala dalam upaya reklamasi bekas lahan penambangan tersebut agar dapat dijadikan lahan pertanian atau perkebunan.

Kendala yang diungkapkan di atas merupakan salah satu dari tujuh karakteristik lahan suboptimal sehingga upaya perbaikan atau reklamasi untuk mengelola lahan suboptimal (bekas lahan pertambangan) menjadi optimal membutuhkan teknik atau cara pengelolaan yang tepat sesuai dengan karakteristiknya (Lakitan dan Gofar, 2013). Beberapa upaya perbaikan bekas lahan pertambangan agar menjadi lahan optimal diantaranya melalui proses secara non-kimia (bioremediasi dan pupuk hayati) dan atau kimia (resin penukar ion, karbon aktif, elektrodialisis dan reverse osmosis) (Saidy dan Badruzsaufari, 2009; Margareta, 2010).

Sebelum dilakukan upaya perbaikan bekas tanah atau lahan pertambangan agar menjadi lahan optimal maka dilakukan analisis sifat kimia dan fisika tanah serta kadar logam-logam berat yang terkandung di dalamnya terlebih dahulu (Sembiring, 2008 dan Saidy dan Badruzsaufari, 2009). Hasil analisis sifat kimia yaitu pH dari tanah berbagai bekas lahan pertambangan berkisar antara 3,02-6,5 (Sembiring, 2008; Saidy dan Badruzsaufari, 2009; Herdina *et al* ,2013; Leomo *et al* ,2013). Konsentrasi ion logam Cr(VI) dalam tanah bekas lahan pertambangan batu bara dan kromat masing-masing 7 dan 24 mg/kg tanah (Saidy dan Badruzsaufari, 2009)

Hasil analisis dengan metode analisis korelasi dan regresi sederhana dari hasil penelitian oleh Saidy dan Badruzsaufari, (2009) diperoleh bahwa konsentrasi ion logam Cr(VI) mempunyai kaitan yang nyata antara pH tanah ($r = 0,57$; $p = 0,028$) dan dengan kandungan C-organik tanah ($r = -0,68$; $p = 0,045$).

Makalah ini adalah ulasan secara teoritis reaksi kimia yang terjadi antara pH (tanah) dengan logam berat (Cr(VI)) serta C-organik dengan ion logam Cr(VI). Hal ini penting karena menurut Borůvka dan Drábek (2004) merupakan parameter yang sangat penting dalam proses pengontrolan sifat logam berat dalam tanah. Ulasan secara teoritis ini diharapkan akan membantu sebagai data awal untuk proses perbaikan atau reklamasi tanah bekas pertambangan.

LOGAM BERAT KROMIUM

Istilah logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm³. Logam kromium (Cr) merupakan salah satu contoh logam berat. Logam kromium (Cr) terdiri atas ion logam Cr(VI) dan ion logam Cr(III).

Ion logam Cr(VI) dimungkinkan dalam bentuk dikromat (Cr₂O₇²⁻), hidrokromat (HCrO₄⁻) atau kromat (CrO₄²⁻) sedangkan ion logam Cr(III) dalam bentuk kromium valensi tiga berhidrat (*hydrated trivalent chromium*, Cr(H₂O)₆³⁺ dan kompleks hidoksida kromium (Cr(OH)(H₂O)₅²⁺ atau Cr(OH)₂(H₂O)₄⁺. Adanya dua keadaan oksidasi dari Cr tersebut mengakibatkan perbedaan toksisitas dan karakteristik transport. Ion logam Cr(VI) adalah sangat toksik dan mobilitas serta kelarutan dalam air tinggi sedangkan ion logam Cr(III) adalah kurang toksik dan mobilitas dan kelarutan dalam air rendah (Silva *et al*, 2009).

KARAKTERISTIK SIFAT KIMIA TANAH BEKAS PERTAMBANGAN

Karakteristik sifat kimia tanah yaitu pH dan C-organik (Tabel 1) tanah bekas beberapa pertambangan menunjukkan bahwa tanah tersebut dapat digolongkan sebagai lahan suboptimal.

Tabel 1. Karakteristik sifat kimia tanah (pH dan C-organik) bekas beberapa pertambangan

No	Parameter	Nilai menurut			
		A	B	C	D
1	pH :				
	H ₂ O	5,28	3,02-6,33	6,5	5,9
	KCl	4,11	-	-	-
2	Bahan organik (%)				
	C	1,00	0,88-3,99	0,77	0,62
	N	0,09	-	-	-
	C/N	11,11	-	-	-

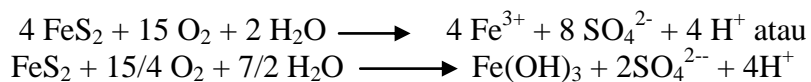
Keterangan : A = Sembiring (2008)

B = Saidy dan Badruzsaufari (2009)

C = Herdina *et al* (2013)

D = Leomo *et al* (2013)

Mengacu pada nilai pH (Tabel 1) menunjukkan bahwa pH tanah dari beberapa bekas pertambangan dikategorikan sangat masam hingga masam sebagai akibat adanya mineral pirit (FeS₂) yang dapat teroksidasi menghasilkan ion H⁺ dan SO₄²⁻ seperti dalam reaksi (Margarettha, 2010 ; Konsten dan Sarwani, 1992; Hicks dkk, 1999 dalam Mariana, 2013):



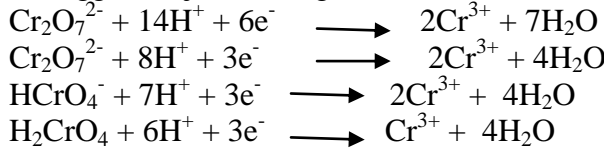
Terbentuknya ion SO₄²⁻ dan H⁺ tersebut menyebabkan pH tanah menjadi masam, sehingga perlu ada upaya untuk menetralkan pH tanah tersebut agar dapat dijadikan sebagai lahan yang berguna (Lakitan dan Gofar, 2013). Pemberian bahan organik merupakan salah satu contoh untuk menetralkan pH tanah yang masam tersebut (Kaderi, 2004).

Konsentrasi C-organik (Tabel 1) dari berbagai tanah atau lahan bekas pertambangan dapat dikategorikan rendah jika dibandingkan dengan standar hasil analisis Lembaga Penelitian Tanah (1980) yang berkisar antara 2-3% (Lembaga Penelitian Tanah (1980) dalam Sembiring, 2008).

HUBUNGAN ANTARA pH TANAH DENGAN KONSENTRASI ION LOGAM Cr(VI)

Saidy dan Badruzsaufari (2009) menyatakan bahwa lahan bekas tambang batu bara dan tambang kromat yang tidak direklamasi mempunyai kadar ion logam Cr(VI) dalam tanah berturut-turut sekitar 7 mg/kg tanah dan 24 mg/kg tanah serta kadar Cr(VI) tersebut sekitar 0,73-1,35% dari total Cr yang terdapat dalam tanah. Lebih lanjut dinyatakan bahwa dengan meningkatnya pH tanah maka akan berkorelasi langsung dengan meningkatnya konsentrasi ion logam Cr(VI), tetapi tidak dijelaskan reaksi kimia yang terjadi.

Menurut reaksi kimia yang terjadi adalah laju perubahan ion logam Cr(VI) menjadi ion logam Cr(III) adalah tergantung pH, artinya semakin besar laju perubahan ion logam Cr(VI) menjadi ion logam Cr(III) yaitu dengan menurunnya pH karena reaksi reduksi ion logam Cr(VI) penting untuk mensuplai banyak proton untuk meningkatkan laju reaksi sehingga menjadi ion logam Cr(III) (Silva *et al*, 2009) seperti dalam reaksi :



Berdasarkan uraian tersebut ternyata semakin rendah pH (konsentrasi ion H^+ tinggi) maka perubahan ion logam Cr(VI) menjadi ion logam Cr(III) akan semakin besar artinya jika konsentrasi ion logam Cr(VI) dalam tanah bekas lahan pertambangan tinggi / besar maka kemungkinan untuk diubah atau diuraikan menjadi ion logam Cr(III) akan besar / tinggi pada keadaan pH tanah rendah.

Mengacu dari tolakan interaksi elektrostatik, ion logam Cr(VI) pada umumnya sangat kecil sekali diserap (di-adsorb) oleh muatan negatif partikel-partikel tanah, sebaliknya ion logam Cr(III) karena mempunyai muatan positif (+) dan mudah diserap oleh muatan negatif partikel-partikel tanah (Silva *et al*, 2009). Jika pH tanah rendah (konsentrasi ion H^+ tinggi) maka ion H^+ tersebut dimungkinkan akan lebih suka berinteraksi dengan muatan negatif partikel-partikel tanah dibandingkan dengan ion logam Cr(VI), sebaliknya jika pH tanah rendah maka ion H^+ dimungkinkan akan berkompetisi dengan ion logam Cr(III) untuk berinteraksi dengan muatan negatif partikel-partikel tanah.

HUBUNGAN ANTARA C-ORGANIK TANAH DENGAN KONSENTRASI ION LOGAM Cr(VI)

Kandungan C-organik dalam tanah lahan bekas pertambangan dapat dikategorikan (sangat) rendah (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa secara langsung kandungan bahan organik tanah tersebut sangat rendah juga. Secara kimia bahan organik tanah dikategorikan dalam 3 (tiga) fraksi yaitu fraksi humin, asam humat dan asam fulvat.

Peningkatan konsentrasi C-organik diduga akibat adanya dekomposisi C-organik tanah oleh aktivitas mikroorganisme sebesar 666-2.279 mg $\text{CO}_2\text{-C kg}^{-1}$ tanah (Saidy dan Badruzsaufari (2009) sebagai sumber energi. Saidy dan Badruzsaufari (2009) dalam hasil penelitiannya menyatakan bahwa konsentrasi ion logam Cr(VI) mengalami penurunan dengan meningkatnya konsentrasi C-organik tanah. Hal ini mungkin dapat dijelaskan sebagai berikut :

- (1). Kondisi pH tanah yang rendah maka sudah banyak ion logam Cr(VI) yang telah terurai menjadi ion logam Cr(III) artinya konsentrasi ion logam Cr(VI) sudah sedikit. Peningkatan konsentrasi C-organik akan meningkatkan konsentrasi bahan organik yaitu asam humat dan asam fulfat dalam berinteraksi dengan ion logam Cr(III) untuk membentuk suatu senyawa kompleks dibandingkan dengan ion logam Cr(VI).
- (2). Asam humat dan fulvat tersebut berperan penting dalam reaksi kimia. Asam humat merupakan bahan makromolekul polielektrolit dan mempunyai gugus fungsional karboksilat (-COOH), fenolat (-OH) maupun alkoholat (-OH) (Borůvka dan Drábek, 2004) sehingga memiliki peluang untuk membentuk kompleks dengan ion logam karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi.
- (3). Ion logam Fe(II) yang ada dalam tanah dan pH tanah yang masam dimungkinkan juga membantu mereduksi ion logam Cr(VI). Zhilin *et al* (2004) menyatakan bahwa sisa ion logam Fe(II) secara cepat mereduksi ion logam Cr(VI) dan dengan lambat direduksi oleh substansi humus. Madhavi *et al* (2013) menyatakan bahwa reduksi ion logam Cr(VI)

secara kimia oleh ion logam Fe(II) menjadi ion logam Cr(III) adalah 100 kali lebih cepat dibandingkan jika direduksi secara biologi.

KESIMPULAN

Konsentrasi ion logam Cr(VI) yang terurai menjadi ion logam Cr(III) semakin banyak / tinggi dengan semakin rendah pH tanah (konsentrasi H⁺ tinggi) lahan bekas pertambangan. Meningkatnya konsentrasi C-organik tanah maka akan menurunkan konsentrasi ion logam Cr(VI) karena telah tereduksi menjadi ion logam Cr(III).

DAFTAR PUSTAKA

- Borůvka, L and Drábek, O., 2004, Heavy Metal Distribution Between Fractions of Humic Substances in Heavily Polluted Soils. *Plant Soil Environ.*, 50, 8 : 339-345
- Kaderi, Husen., 2004, Teknik Pemberian Bahan Organik Pada Pertanaman Padi Di Tanah Sulfat Masam, *Buletin Teknik Pertanian*, Vol. 9 Nomor 1 : 38-41
- Lakitan, Benyamin dan Gofar, Nuni., 2013, Kebijakan Inovasi Teknologi Untuk Pengelolaan Lahan Suboptimal Berkelanjutan, *Makalah Seminar Nasional Lahan Suboptimal 20-21 September 2013*, Palembang
- Leomo, Sitti., La Mudi dan Alam, Syamsu. 2013, Aplikasi Rizobakteri Pada *Cover Crop* Dalam Mempengaruhi Sifat Kimia Tanah Bekas Tambang Nikel, *Jurnal Agroteknos* Vol. 3 No. 1 : 26-33
- Madhavi, Vemula., Reddy, Ambavaram Vijay Bhaskar., Reddy, Kalluru Gangadhara., Madhavi, Gajulapalle., and Prasad, Tollamadugu NagaVenkata Krishna Vara., 2013, An Overview on Research Trends in Remediation of Chromium, *Research Journal of Recent Sciences* Vol. 2 (1) : 71-83
- Margarettha, 2010. Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara Dengan Pupuk Hayai Mikoriza Sebagai Media Tanam Jagung Manis. *J. Hidrolitan* Vol. 1 :3 : 1-10
- Mariana, Titin Zuraida, 2013, Pengelolaan Hidrologi Lahan Pasang Surut Kalimantan Selatan:Kajian Perubahan Kemasaman Tanah Akibat Penggenangan dan Drainase, *Prosiding Seminar Nasional : Pengelolaan Lahan Sub Optimal Untuk Produksi Biomasa Berkelanjutan*, Banjarbaru 28 September 2013, Banjarbaru.
- Sembiring, Sastra., 2008. Sifat Kimia dan Fisik Tanah Pada Areal Bekas Tambang Bauksit di Pulau Bintan Riau, *Info Hutan* Vol. V No. 2 : 123-143
- Saidi, Ahmad Rizali dan Badruzsaufari, 2009. Hubungan Antara Konsentrasi Cr(VI) dan Sifat Kimia Tanah : Informasi Awal Untuk Remediasi Lahan Bekas Tambang Di Kalimantan Selatan. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 2 : 97-103.
- Silva, B., Figueiredo, H., Neves, I.C and Tavares, T., 2009, The Role of pH on Cr(VI) Reduction and Removal by *Arthrobacter Viscosus*, *International Journal of Chemical and Biological Engineering* 2:2 : 100-103.
- Yustika, Rahmah D dan Tala'ohu, Sidik H., 2006, Bisakah Lahan Bekas Tambang Batu Bara Untuk Pengembangan Pertanian ?. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Vol. 28 No. 2 : 8-10.
- Zhilin, Denis M., Kopplin, Philippe Schmitt and Perminova, Irina V., 2004, Reduction of Cr(VI) by Peat and Coal Humic Substances, *Environ Chem Lett* 2:141-145
- Zulkarnain, 2014, Status Sifat Kimia Tanah Pada Lahan Bekas Tambang Batubara Yang Telah Direklamasi. *Media Sains* Vol. 7 Nomor 1 : 96-103.