

ADSORPSI PARAQUAT OLEH BAHAN MINERAL ULTISOL DAN ENTISOL PADA BERBAGAI KONSENTRASI

PARAQUATE ADSORPTION BY ULTISOL AND ENTISOL INORGANIC MATERIALS AT VARIOUS CONCENTRATION

Zainal Mukhtamar^{*}, Silmi Faryani^{}, dan Nanik Setyowati^{*}**

^{+) Staf Pengajar Fakultas Pertanian UNIB}

^{++) Mahasiswa PS Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UNIB}

ABSTRACT

Behaviour and fate of herbicide in soil are highly affected by adsorption of the herbicide by soil colloid. Paraquate adsorption by soil colloid is likely to reduce its effectiveness in controlling weeds and preventing environmental contamination of this chemical. However, after the maximum adsorption is achieved, additional of paraquate will finally cause environmental pollution. The objectives of the research were to examine paraquate adsorption by Ultisol and Entisol inorganic materials at various paraquate solution concentration and to compare paraquate adsorption by Ultisol inorganic material with that of Entisol inorganic material. The study was carried out in two separate experiments, namely paraquate adsorption by Ultisol and Entisol inorganic materials. Paraquate concentration treatments were consisted of 0.53, 1.07, 1.61, 2.14, 2.68, 3.22, 3.75, 4.29, 4.83, and 5.37 mmol L⁻¹. Each treatment was replicated 3 times. Paraquate adsorption study was conducted using Batch method and the adsorption was calculated as the difference between original paraquate concentration and that remained in solution. The experiment showed that paraquate adsorption increased as paraquate concentration in the system increased. Complete adsorption of paraquate by Ultisol inorganic materials was obtained at concentration of 0,53 mmol L⁻¹ (100 ppm) up to 1,61 mmol L⁻¹ (300 ppm). In addition, a similar phenomenon was observed at concentration of 0,53 mmol L⁻¹ (100 ppm) up to 1,07 mmol L⁻¹ (200 ppm) for Entisol inorganic materials. Ultisol inorganic material adsorbed paraquate relatively higher than Entisol inorganic material. Adsorption of paraquate had displaced H⁺ that significantly decreased pH in the system.

Keywords: paraquate, adsorption, Ultisol, Entisol

ABSTRAK

Perilaku dan nasib herbisida dalam tanah sangat dipengaruhi oleh proses adsorpsi oleh koloid tanah. Adsorpsi paraquat oleh koloid tanah dapat menyebabkan herbisida tersebut kurang efektif dalam mengendalikan gulma dan menghindari terjadinya pencemaran paraquat ke lingkungan. Namun demikian, apabila kemampuan maksimum adsorpsi terlampaui maka penambahan paraquat selanjutnya akan mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan adsorpsi paraquat oleh bahan mineral tanah Ultisol dan Entisol pada berbagai konsentrasi dalam larutan tanah dan untuk membandingkan kemampuan bahan mineral tanah Ultisol dan Entisol dalam mengadsorpsi paraquat. Penelitian ini terdiri atas dua set percobaan terpisah yaitu adsorpsi herbisida paraquat oleh bahan mineral Ultisol dan Entisol. Perlakuan terdiri atas konsentrasi herbisida paraquat yaitu 0.53, 1.07, 1.61, 2.14, 2.68, 3.22, 3.75, 4.29, 4.83, 5.37 mmol L⁻¹. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali. Percobaan adsorpsi herbisida dilakukan dengan menggunakan prosedur Batch. Paraquat yang teradsorpsi ditentukan dengan mengurangi konsentrasi yang diberikan dengan konsentrasi herbisida di dalam filtrat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi paraquat pada larutan tanah akan meningkatkan adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ultisol maupun Entisol. Bahan mineral Ultisol dapat mengadsorpsi seluruh paraquat pada larutan tanah mulai konsentrasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.61 mmol L⁻¹ (300 ppm). Sedangkan pada bahan mineral Entisol herbisida paraquat teradsorpsi sempurna pada konsentrasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.07 mmol L⁻¹ (200 ppm). Bahan mineral Ultisol mengadsorpsi paraquat relatif lebih besar daripada Entisol. Proses adsorpsi paraquat menimbulkan pelepasan H⁺ sehingga pH di dalam sistem turun secara signifikan.

Kata kunci: paraquat, adsorpsi, Ultisol, Entisol

PENDAHULUAN

Penggunaan herbisida semakin meningkat setiap tahun seiring dengan usaha peningkatan produksi pertanian. Saat ini penggunaan herbisida di dunia semakin meningkat, mencapai 49,6% dari volume total pestisida (Merrington *et al.*, 2002). Penggunaan herbisida paraquat di Bengkulu khususnya gramoxone juga meningkat, mencapai 100 ton lebih per tahun. Hal ini karena kandungan racun dan bahan kimia yang dimiliki oleh herbisida mampu mengendalikan gulma lebih cepat, lebih ampuh dan harganya lebih terjangkau serta lebih menghemat tenaga bila dibandingkan dengan pengendalian gulma secara mekanik (Djafaruddin, 1995).

Paraquat merupakan herbisida kontak dari golongan piridin yang digunakan untuk mengendalikan gulma yang diaplikasikan purna tumbuh (Humburg *et al.*, 1989). Menurut Kopytko *et al.* (2002) herbisida paraquat merupakan bagian dari kelompok senyawa biore-sisten yang sulit terdegradasi secara biologis dan relatif stabil pada suhu, tekanan dan pH normal. Hal ini memungkinkan paraquat teradsorpsi sangat kuat oleh partikel tanah yang menyebabkan senyawa ini dapat bertahan lama di dalam tanah (Sastroutomo, 1992 ; Moore, 1998).

Adsorpsi herbisida dipengaruhi berbagai faktor. Herbisida paraquat teradsorpsi lebih kuat pada jenis tanah yang didominasi oleh mineral liat 2:1 (monmorilonit, ilit) daripada jenis tanah yang didominasi oleh mineral liat 1:1 (kaolinit) (Anonim, 1998). Hal senada juga dinyatakan oleh Anonim (1998) bahwa tanah yang memiliki tekstur liat tinggi dan karbon organik (C-organik) tinggi mengadsorpsi paraquat lebih kuat dari pada tanah dengan tekstur lempung berdebu dan pasiran yang memiliki C-organik rendah. Daya adsorpsi suatu jenis tanah tidak saja dipengaruhi oleh tipe dan kandungan mineral liat tetapi juga oleh kandungan bahan organik, pH, Kapasitas Tukar Kation (KTK), redoks potensial, kelembaban, dan suhu. Di samping itu mekanisme ikatan adsorpsi juga sangat menentukan daya adsorpsi herbisida (Dermiyati, 1999 ; Calvet, 1980 ; Moomaw *et al.*, 2003; Koskinen and Harper, 1990).

Adsorpsi herbisida oleh partikel tanah akan menyebabkan herbisida tersebut tidak efektif dalam mengendalikan gulma dan bila akumulasinya di dalam tanah tinggi, maka hal ini merupakan suatu residu yang dapat mencemari lingkungan. Suparno (1999) menyatakan bila herbisida tidak teradsorpsi kuat oleh partikel tanah atau mengalami desorpsi oleh air hujan, maka kemungkinan herbisida tersebut terbawa oleh aliran permukaan menuju *ground water* (air tanah).

Desorpsi paraquat dapat menyebabkan pencemaran tanah dan lingkungan perairan, sehingga dapat menurunkan kualitas air sebagai sumber kehidupan dan mempengaruhi kehidupan organisme lain yang bukan sasaran. Martani *et al.* (2001) melaporkan bahwa paraquat di dalam tanah dengan konsentrasi 20 ppm dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Azotobacter* dan *Rhizobium* yang berperan dalam fiksasi nitrogen.

Studi tentang adsorpsi paraquat menjadi sangat penting untuk mengetahui kemampuan partikel tanah dalam mengadsorpsi paraquat sebelum senyawa tersebut mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan adsorpsi paraquat oleh bahan mineral tanah Ultisol dan Entisol pada berbagai konsentrasi dalam larutan tanah dan untuk membandingkan kemampuan bahan mineral tanah Ultisol dan Entisol dalam mengadsorpsi paraquat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Ultisol dan Entisol. Ultisol diambil dari Desa Dusun Baru, Kecamatan Talang Empat, Kabupaten Bengkulu Utara. Sedangkan Entisol diambil dari tepi Bengawan Solo di Kelurahan Patihan, Kecamatan Sidoharjo, Kabupaten Sragen, Jawa Tengah. Contoh tanah diambil dari satu tapak/satu titik yang dianggap mewakili masing-masing kedua contoh tanah. Ultisol diambil pada kedalaman 25 – 75 cm sedangkan Entisol diambil pada kedalaman 0 – 20 cm. Tanah tersebut kemudian dikeringanginkan dan diayak dengan menggunakan ayakan berdiameter 0.5 dan 2 mm.

Untuk menghilangkan pengaruh bahan organik terhadap adsorpsi paraquat maka bahan organik tanah tersebut dihilangkan dengan cara sebagai berikut : 500 g tanah kering-angin dimasukkan ke dalam gelas beaker 1000 mL, kemudian ditambahkan 500 mL H₂O₂ (6%) dengan perbandingan 1 : 1. Suspensi kemudian diaduk dan dibiarkan ± 2 menit. Perlakuan tersebut diulang tiga kali atau sampai tidak terdapat buih, yang mengindikasikan tidak terdapat lagi bahan organik dalam tanah tersebut. Setelah bersih dari bahan organik kemudian tanah dicuci dengan aquades dan dikering-anginkan, lalu diayak dengan menggunakan ayakan berdiameter 0.5 mm. Tanah tersebut kemudian dianalisis Kapasitas Tukar Kation (KTK; metode ekstraksi amonium asetat), pH (metode elektrometrik dengan pH meter), Daya Hantar Listrik (DHL, metode elektrometrik dengan konduktimeter), C-organik (metode Walkley and Black), dan kadar liat (metode hidrometer).

Standar larutan untuk analisis paraquat disiapkan dengan cara membuat larutan paraquat dengan konsentrasi 0, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 dan 1000 ppm. Konsentrasi paraquat tersebut dibuat dengan menggunakan larutan stok 10.000 ppm melalui pengenceran dengan persamaan $V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$

Penelitian ini terdiri atas dua set percobaan terpisah yaitu adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ultisol dan Entisol. Perlakuan terdiri atas konsentrasi paraquat yaitu, 0.53, 1.07, 1.61, 2.14, 2.68, 3.22, 3.75, 4.29, 4.83, dan 5.37 mmol L⁻¹. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali.

Percobaan adsorpsi paraquat dilakukan dengan menggunakan prosedur Batch (Green *et al.*, 1993). Sebanyak masing-masing 5 g contoh bahan mineral tanah dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL, kemudian ditambahkan 50 mL larutan herbisida paraquat dengan konsentrasi sesuai perlakuan. Suspensi kemudian dikocok dengan *rotary shaker* selama ± 5 menit pada 8 rpm. Setelah dikocok selama 5 menit suspensi kemudian diukur pH dan DHLnya, masing-masing dengan pH meter dan kon-

duktimeter. Nilai pH dan DHL hasil pengukuran ini selanjutnya disebut pH dan DHL awal percobaan. Setelah itu suspensi dikocok kembali ± 2 jam dan dibiarkan selama 24 jam pada suhu ruang. Setelah 24 jam, suspensi dikocok ± 5 menit kemudian diukur kembali pH dan DHLnya yang selanjutnya disebut pH dan DHL akhir percobaan. Kemudian suspensi disaring dengan kertas Whatman No. 42 dan filtratnya ditampung. Selanjutnya konsentrasi herbisida paraquat di dalam filtrat ditentukan dengan menggunakan spektrometri 21 D Milton Roy pada λ 258 nm. Herbisida yang teradsorpsi ditentukan dengan mengurangi konsentrasi yang diberikan dengan konsentrasi herbisida di dalam filtrat. Konsentrasi paraquat yang teradsorpsi dinyatakan dalam cmol kg⁻¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik fisiko-kimia Ultisol dan Entisol

Beberapa sifat fisiko-kimia tanah Ultisol dan Entisol sebelum dan sesudah dihilangkan bahan organiknya dapat dilihat pada Tabel 1.

Penghilangan bahan organik mempengaruhi beberapa sifat kimia tanah. Nilai pH H₂O maupun pH KCl meningkat cukup nyata sementara KTK tanah menurun secara nyata. Nilai pH H₂O meningkat sampai 0.6 unit dan 1.3 unit masing-masing pada Ultisol dan Entisol, sedangkan KTK menurun sebesar 35.6% dan 9.5% masing-masing pada Ultisol dan Entisol (Tabel 1).

Peningkatan pH akibat penghilangan bahan organik Ultisol dan Entisol sangat mungkin terjadi. Hal ini berkaitan dengan hilangnya asam-asam organik dalam tanah sehingga konsentrasi asam akan menurun dan sekaligus akan meningkatkan pH tanah. Peningkatan pH pada Entisol lebih besar daripada Ultisol. Hal ini sangat berhubungan dengan kandungan bahan organik pada Entisol yang lebih besar daripada Ultisol.

Tabel 1. Beberapa sifat fisika dan kimia tanah Ultisol dan Entisol sebelum dan sesudah bahan organiknya dihilangkan.

Sifat Tanah	Ultisol		Entisol	
	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
pH H ₂ O	5.0	5.6	7.5	8.6
pH KCl	3.5	4.1	6.8	7.9
DHL (uS cm ⁻¹)	35	20	191.6	272.0
C-organik (%)	0.22	-	0.68	-
KTK (cmol kg ⁻¹)	22.5	14.5	11.5	10.5
Liat (%)	54.41	38.41	-	-

Pengaruh bahan organik terhadap KTK pada Ultisol ternyata lebih besar daripada Entisol. Hal ini mengindikasikan bahwa kehilangan sedikit bahan organik pada Ultisol akan berpengaruh besar terhadap sifat kimia tanah apabila diasumsikan bahwa KTK merupakan sifat tanah yang sangat penting. Hal ini juga menunjukkan bahwa jenis mineral liat pada Ultisol merupakan liat yang memiliki muatan yang rendah walaupun kadar liatnya relatif tinggi (54.41%). Pada sisi yang lain, pengaruh bahan organik terhadap KTK Entisol relatif lebih kecil walaupun bahan organik Entisol lebih tinggi daripada Ultisol. Hal ini memberikan indikasi bahwa kontribusi muatan liat Entisol terhadap KTK relatif tinggi.

Tidak seperti terhadap pH dan KTK, penghilangan bahan organik memberikan pengaruh yang berbeda terhadap DHL Ultisol dan Entisol. Pada Ultisol, DHL menurun sebesar 75%, sedangkan pada Entisol, DHL meningkat sebesar 29.6%.

Data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa bahan organik berpengaruh terhadap beberapa sifat kimia tanah. Penghilangan bahan organik Ultisol dan Entisol pada penelitian ini dapat menggambarkan secara jelas pengaruh bahan mineral terhadap adsorpsi paraquat.

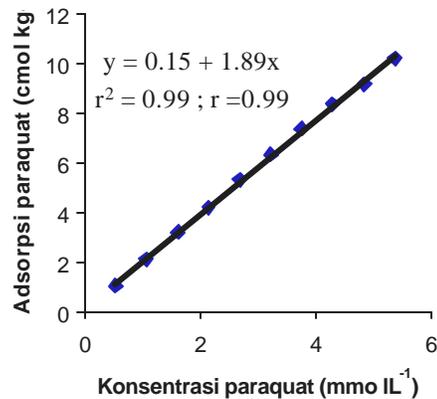
Adsorpsi paraquat pada berbagai konsentrasi

Adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ulti-

sol dan Entisol pada berbagai konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.

Semakin tinggi konsentrasi yang diberikan, maka adsorpsi paraquat semakin meningkat. Bahan mineral Ultisol dapat mengadsorpsi seluruh paraquat pada larutan tanah mulai konsentrasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.61 mmol L⁻¹ (300 ppm). Sedangkan pada bahan mineral Entisol herbisida paraquat teradsorpsi sempurna pada konsentrasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.07 mmol L⁻¹ (200 ppm). Hal ini mengindikasikan bahwa afinitas bahan mineral Ultisol terhadap paraquat lebih tinggi daripada bahan mineral Entisol, yang juga terlihat dari *slope* grafik yang lebih besar pada bahan mineral Ultisol (1.89) dibandingkan bahan mineral Entisol (0.67) (Gambar 1 dan 2).

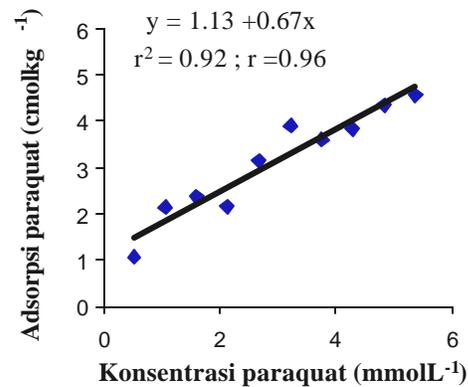
Perbedaan kapasitas adsorpsi kedua bahan mineral erat kaitannya dengan afinitas koloid tanah terhadap paraquat. Afinitas bahan mineral terhadap paraquat sangat tinggi pada konsentrasi rendah, yang diindikasikan dari seluruh paraquat diadsorpsi. Sebaliknya afinitas bahan mineral terhadap herbisida paraquat sangat rendah pada konsentrasi tinggi, seperti terlihat pada *slope* grafik. Kondisi ini berkaitan erat dengan habisnya tapak adsorpsi yang terjenuhi oleh paraquat pada konsentrasi rendah sehingga tidak ada lagi tapak kosong. Dengan demikian semakin tinggi aplikasi paraquat maka pertambahan adsorpsi paraquat oleh koloid tanah semakin rendah.



Gambar 1. Hubungan konsentrasi dengan adsorpsi oleh bahan mineral Ultisol

Faktor penting yang ikut menentukan adsorpsi herbisida oleh koloid tanah adalah kelarutan herbisida di dalam air (Tu, 2001). Paraquat mempunyai kemampuan terlarut semipurna di dalam air (Carriere and Triantafilou, ?). Sebagai herbisida kationik, paraquat akan terionisasi sempurna dalam larutan tanah membentuk kation divalen dengan muatan positif terdistribusi di sekeliling molekul. Paraquat akan segera teradsorpsi dan menjadi tidak aktif ketika kontak dengan koloid tanah. Jumlah herbisida yang teradsorpsi berhubungan erat dengan jumlah herbisida di dalam larutan. Keberadaan paraquat di dalam sistem tanpa ada ion pesaing seperti bahan organik atau ion lain sangat memungkinkan untuk menempati seluruh tapak yang tersedia.

Pada Gambar 1 dan 2 juga menunjukkan bahwa adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ultisol lebih tinggi daripada Entisol. Hal ini berkaitan dengan karakteristik fisika-kimia bahan mineral (Tabel 1). Tabel 1 menunjukkan bahwa bahan mineral Ultisol memiliki KTK 14.5 cmol kg⁻¹ dan kadar liat 54.41 %, sementara bahan mineral Entisol memiliki KTK dan % liat lebih rendah yaitu masing-masing 10.5



Gambar 2. Hubungan konsentrasi dengan adsorpsi oleh bahan mineral Entisol

cmol kg⁻¹ dan 38.12%. Hal tersebut akan menyebabkan adsorpsi herbisida paraquat oleh bahan mineral Ultisol lebih tinggi dari bahan mineral Entisol. Secara praktis, pencemaran paraquat ke lingkungan perairan lebih rentan pada Entisol dibandingkan Ultisol

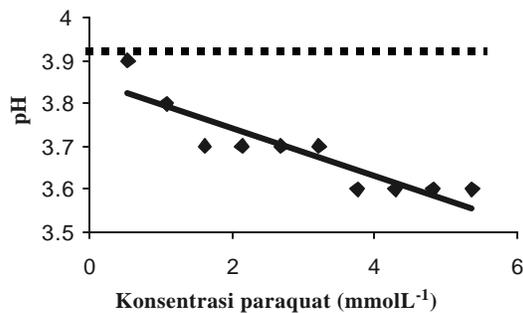
Perubahan pH dan DHL selama percobaan adsorpsi

Hasil analisis awal tanah pada Tabel 1 menunjukkan bahwa pH bahan mineral Ultisol sebesar 5.6 sedangkan pH bahan mineral Entisol sebesar 8.6 namun selama percobaan adsorpsi paraquat berlangsung, pH bahan mineral di dalam sistem turun drastis seperti terlihat pada Gambar 3 dan 4. Hal ini menunjukkan terjadinya reaksi *displacement* ion H⁺ ke dalam sistem. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Khan (1978) yang menunjukkan bahwa adsorpsi paraquat oleh koloid tanah akan diikuti oleh pelepasan ion H⁺ dalam jumlah yang cukup signifikan. Peningkatan ion H⁺ dalam sistem menurunkan pH bahan mineral secara signifikan yaitu 5.6 menjadi 3.8 pada bahan mineral

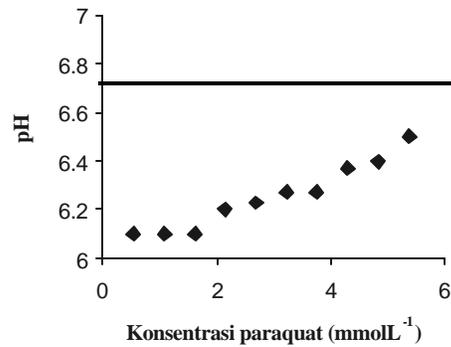
Ultisol dan dari 8.6 menjadi 6.1 – 6.5 pada bahan mineral Entisol.

Selama proses adsorpsi paraquat berlangsung, terjadi perubahan pH yang berbeda antara bahan mineral Ultisol dan Entisol. Pada bahan mineral Ultisol, pada awal percobaan pH sistem relatif sama walaupun terdapat peningkatan konsentrasi paraquat pada larutan tanah, namun demikian pH sistem berangsur-angsur menurun se lama proses adsorpsi berjalan. Semakin tinggi konsentrasi paraquat dalam larutan tanah, penurunan pHnya semakin besar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi paraquat

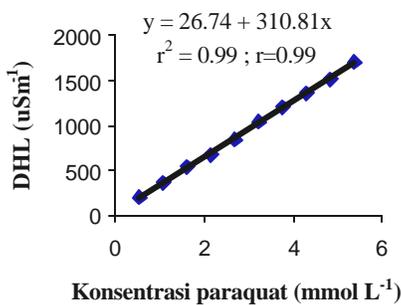
meningkatkan laju pelepasan H⁺ ke dalam sistem. Hal sebaliknya terjadi pada bahan mineral Entisol, pada awal percobaan berlangsung, pH sistem cenderung turun dan pH meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi paraquat dalam sistem. Namun demikian pada akhir percobaan, ternyata pH relatif sama untuk semua konsentrasi paraquat. Hal ini menunjukkan bahwa penurunan pH pada bahan mineral Entisol terjadi sesaat tetapi kemudian kembali pada kondisi semula, fenomena daya sangga tanah.



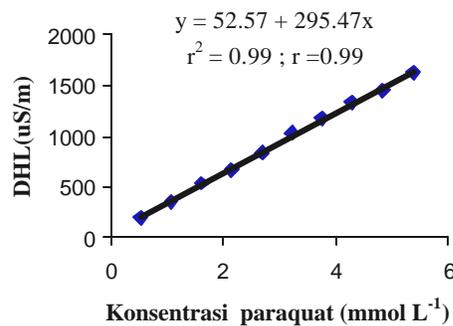
Gambar 3. Hubungan konsentrasi dengan pH sebelum dan setelah dikocok oleh bahan mineral Ultisol
Keterangan : = sebelum dikocok
———— = setelah dikocok



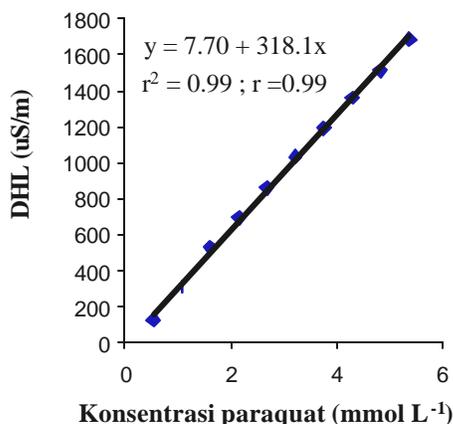
Gambar 4. Hubungan konsentrasi dengan pH sebelum dan setelah dikocok oleh bahan mineral Entisol



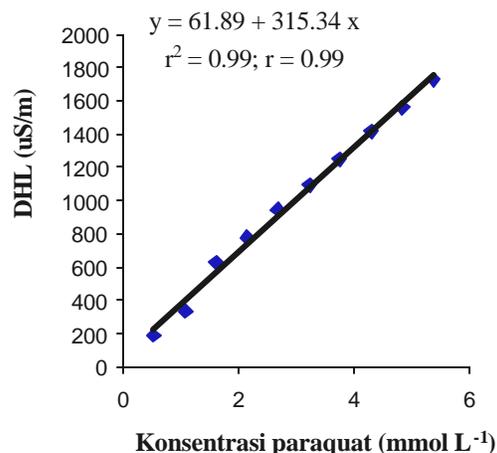
Gambar 5. Hubungan konsentrasi dengan DHL sebelum dikocok oleh bahan mineral Ultisol



Gambar 6. Hubungan konsentrasi dengan DHL setelah dikocok oleh bahan mineral Ultisol



Gambar 7. Hubungan konsentrasi dengan DHL sebelum dikocok oleh bahan mineral Entisol



Gambar 8. Hubungan konsentrasi dengan DHL setelah dikocok oleh bahan mineral Entisol

Gambar 5, 6, 7, dan 8 menunjukkan perubahan DHL selama percobaan berlangsung. Daya Hantar Listrik meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi paraquat dalam sistem. Pada bahan mineral Ultisol, DHL pada awal percobaan relatif sama dengan akhir percobaan. Namun demikian, pada bahan mineral Entisol, DHL pada akhir percobaan sedikit meningkat dibandingkan sebelum percobaan.

Peningkatan DHL akibat semakin besarnya konsentrasi paraquat baik pada pengukuran sebelum dan setelah dikocok, seperti terlihat pada Gambar 5, 6, 7, dan 8 sangat terkait dengan peningkatan paraquat dalam sistem. Peningkatan konsentrasi herbisida paraquat akan diikuti oleh terjadinya pelepasan ion paraquat di dalam sistem yang secara otomatis akan meningkatkan elektrolit dalam sistem. Di samping itu, terjadinya reaksi *displacement* H⁺ juga akan meningkatkan elektrolit dalam sistem.

KESIMPULAN

Peningkatan konsentrasi paraquat dalam larutan tanah akan meningkatkan adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ultisol dan Entisol. Bahan mineral Ultisol dapat mengadsorpsi seluruh paraquat pada larutan tanah mulai kon-

sentrisasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.61 mmol L⁻¹ (300 ppm). Sedangkan pada bahan mineral Entisol herbisida paraquat teradsorpsi sempurna pada konsentrasi 0.53 mmol L⁻¹ (100 ppm) sampai 1.07 mmol L⁻¹ (200 ppm)

Adsorpsi paraquat oleh bahan mineral Ultisol dan Entisol menyebabkan pelepasan H⁺ yang cukup signifikan sehingga dapat menurunkan pH tanah. Selama proses terjadi, pelepasan H⁺ lebih lanjut terjadi pada bahan mineral Ultisol tetapi tidak terjadi pada bahan mineral Entisol.

Bahan mineral Ultisol mengadsorpsi paraquat relatif lebih besar dibandingkan bahan mineral Entisol karena bahan mineral Ultisol memiliki KTK dan kadar liat yang lebih besar daripada Entisol. Pencemaran paraquat ke lingkungan perairan lebih rentan pada Entisol dibandingkan Ultisol

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1998. Paraquat. <http://pem.cce.cornel.edu/facts-slides-self/facts/pchemparams/gen-burbe-paraquat.html>. Januari 2003.
- Calvet, R. 1980. Adsorption-desorption phenomena. p: 1-30. in Hance, R. J. 1980. Interaction Between Herbicides and the Soil. Academic Press, New York, USA.

- Carriere, T and Triantafilou. ?. Paraquat : The Safe Herbicide ?. <http://www.Ps.uga.edu/rtk/msds/MSDS1170.txt>. Juni 2003.
- Dermiyati. 1999. Faktor lingkungan yang mempengaruhi degradasi halosulfuron-methyl di tanah. *Jurnal-Jurnal Ilmu Pertanian* 4(1):1-7.
- Djafaruddin. 1995. Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman (Umum). Bumi Aksara, Jakarta.
- Green, R. E., R. C. Schneider, R. T. Gavenda, and C. J. Miles. 1993. Utility sorption and degradation parameters from the literatur for site- specific pesticide impact assesments. p: 209-225. *in* Linn, D. M., T. H. Carski, M. L. Brussequ, & F. H. Chang. 1993. Sorption and Degradation of Pesticide and Organic Chemicals in Soil. SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Humburg, N. E., S. R. Colby, R. G. Lym, E. R. Hill, W. J. Mc Avoy, L. M. Kitchen, and R. Prasad. 1989. Herbicide Handbook of the Weed Science Society of America. 6th ed. WSSA, Inc., Champaign, Illinois, USA.
- Khan, S. U. 1978. The interaction of organic matter with pesticide. p. 137-171. *In* M. Schnitzer. and S. U. Khan. Soil Organic Matter. Elsevier Scientific Publishing Co., Netherlands.
- Kopytko, M., G. Chalela, and F. Zauscher. 2002. Biodegradation of two commercial herbicides (gramoxone and matancha) by bacteria *Pseudomonas putida*. *EJB Electronic Journal of Biotechnology*. 5:182-192 <http://www.Ejb.org/content/vols /issue2/full/1.htm>. Juni 2003.
- Koskinen, W. C. and S. S. Harper. 1990. The retention processes :Mechanisms. p: 51-77. *in* Cheng, H. H. Pesticides in the Soil Environment : Processes, Impacts, and Modeling. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Martani, E., K. Wibowo, B. Radjaguguk, and S. Margino. 2001. Influence of paraquat herbicide on soil bacteria, *Rhizobium sp*. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 8:82-90.
- Merrington, G., L. Winder., R. Parkinson and M. Redman. 2002. Agricultural Polution : Environmental Problems and Practical Solutions. Spon Press, London.
- Moenandir, J. 1988b. Fisiologi Herbisida (Ilmu Gulma – Buku II). Rajawali Pers, Jakarta.
- Moomaw, R. S. R. N. Kline, A. R. Martin, F. W. Roch, P. J. Shea, G. A. Wiets, R. G. Wilson. 2003. Factor that affect Soil-Applied herbicides. <http://www.aians.unl.edu/pubs/pesticides/g1081.htm>. Mei 2003.
- Moore, R. E. 1998. About paraquat. <http://coffeehouse.fulori.com/paraquat.html>. Maret 2003.
- Sastroutomo, S. S. 1992. Pestisida. Dasar-Dasar dan Dampak Penggunaannya. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suparno, T. 1999. Dampak penggunaan pestisida terhadap keanekaragaman hayati. Makalah Seminar Hari Lingkungan Hidup Sedunia Jurusan Budidaya Hutan, Faperta UNIB, 5 Juni 1999.
- Tu. 2001. Weed Control Methods Handbook. The Nature Conservancy. Version April 2001.