

PENENTUAN KAPASITAS ADSORPSI MAKSIMUM DAN ENERGI
ADSORPSI HERBISIDA PARAQUAT (1,1'-DIMETIL-4,4'-BIPYRIDILIUM
DIKLORIDA) PADA TANAH PERTANIAN

Determination of Paraquat (1,1'-Dimethyl-4,4'-Bipyridilium Dichloride) Maximum
Adsorption Capacity and Adsorption Energy on Farm Soil

Syahrial

Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Kimia FKIP Universitas Syiah Kuala

ABSTRACT

The purpose of this research to determination of paraquat (1,1'-dimethyl-4,4'-bipyridilium dichloride) maximum adsorption capacity and adsorption energy. Maximum adsorption capacity and adsorption energy was predicted by Gibbs free energy, ΔG . The paraquat adsorption to show reversible properties and therefore Gibbs free energy can determinate by equilibrium constant, K . Maximum adsorption capacity were 18,811 mg/g (0,000101 mol/g) and Gibbs free energy was -25,360 kJ/mol for 110 °C soil.

Keywords : maximum adsorption capacity, adsorption energy, paraquat

PENDAHULUAN

Perilaku herbisida dalam tanah sangat bergantung pada beberapa faktor seperti karakteristik fisiko kimia herbisida, permukaan aktif mineral tanah, komponen organik dan kuantitas herbisida yang diaplikasikan (Govi 1996). Menurut Kookana *et al.* (1993) faktor terpenting yang menentukan perilaku herbisida dalam tanah yaitu sifat adsorpsi-desorpsi herbisida. Sifat ini dapat mempengaruhi proses lain seperti transformasi dan transportasi herbisida. Telah dilaporkan bahwa kemampuan adsorpsi-desorpsi suatu herbisida dalam tanah berhubungan dengan besar kecilnya koefisien Langmuir atau koefisien Freundlich atau konstanta Freundlich (Kookana & Aylmore 1989; Kookana *et al.* 1993, Gerritse *et al.* 1996).

Kemampuan adsorpsi herbisida pada tanah dicerminkan oleh besar atau kecilnya kapasitas adsorpsi maksimalnya. Semakin besar harga kapasitas adsorpsi maksimum maka semakin besar jumlah herbisida yang dapat teradsorpsi oleh tanah. Sementara itu energi adsorpsi mencerminkan kuat atau tidaknya interaksi herbisida terhadap situs aktif tanah. Herbisida yang terikat kuat menyebabkan proses pencucian menjadi semakin berkurang dan memberikan

peluang keberadaan herbisida di dalam tanah menjadi lebih lama. Kapasitas adsorpsi maksimum dan energi adsorpsi dapat diketahui melalui plot isotermal Langmuir. Paraquat merupakan salah satu anggota herbisida kelompok ammonium kuartener bipyridilium yang sangat luas digunakan di Indonesia. Paraquat adalah nama umum dari senyawa 1,1-dimetil-4,4-bipyridilium dan bersifat kationik. Mekanisme adsorpsi Paraquat pada tanah menurut Kookana & Aylmore (1989) dan Kookana *et al.* (1993) sangat ditentukan oleh gugus-gugus aktif tanah sebagai adsorben.

Idealnya herbisida yang tersisa harus mempunyai keaktifan yang lama dan selanjutnya terdekomposisi menjadi zat yang tidak berbahaya sebelum penggunaan herbisida selanjutnya. Dengan demikian dapat mengurangi pencemaran dan dapat dicegah proses akumulasi herbisida dalam tanah yang pada gilirannya dapat meracuni tanah.

Berdasarkan uraian di atas peneliti tertarik untuk menentukan harga kapasitas adsorpsi maksimum dan energi adsorpsi untuk herbisida Paraquat. Secara bersama-sama kapasitas adsorpsi maksimum dan energi adsorpsi ikut berperan menentukan lama tidaknya suatu residu herbisida berada

dalam tanah, sehingga penelitian ini lebih terfokus pada sifat tersebut.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang diperlukan pada penelitian ini yaitu tanah dengan ukuran 150-250 mesh, Paraquat murni, air, natrium hidroksida, dan natrium ditionit. Bahan kimia yang digunakan seluruhnya dari Merck dan kualifikasi p.a. Sementara itu peralatan yang dibutuhkan yaitu oven, spektroskopik-20, sentrifugal, *shaker*, dan alat-alat kaca yang biasa digunakan di laboratorium. Adapun prosedur kerja yang digunakan pada penelitian ini merujuk kepada Gamar & Mustafa (1973) dan Kookana *et al.* (1993).

Penyiapan tanah sebagai adsorben

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini digerus dengan ukuran 150-250 mesh. Tanah yang dijadikan adsorben dipanaskan dalam oven pada 110 °C selama 10 jam untuk menghilangkan air tanah.

Prosedur analisis Paraquat secara spektrofotometri UV-Vis

Prosedur analisis Paraquat secara spektrofotometri UV-Vis yaitu dengan menetapkan panjang gelombang serapan maksimum Paraquat yang tereduksi oleh natriumditionit serta pembuatan kurva standar.

Penetapan panjang gelombang maksimum Paraquat dalam aquades

Sebanyak 0,5 mL Paraquat 200 mgL⁻¹ diencerkan dengan aquades hingga volumenya 10 mL. Larutan yang terbentuk diukur secara spektrofotometri UV-Vis untuk mendapatkan panjang gelombang maksimum.

Penetapan panjang gelombang maksimum senyawa hasil reduksi Paraquat oleh natrium ditionit

Sebanyak 0,5 mL Paraquat 200 mgL⁻¹ direaksikan dengan 0,5 mL natrium ditionit 1 % dalam 0,1 N NaOH (0,1 gram natrium ditionit dalam 10 mL NaOH 1 N). Larutan diencerkan dengan aquades sampai

volumenya 10 mL, kemudian diukur panjang gelombang maksimumnya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan kurva standar

Kurva standar Paraquat untuk mengetahui sensitifitas Paraquat pada analisa spektrofotometer UV-Vis. Kurva standar dibuat dengan memvariasikan konsentrasi Paraquat terhadap absorbansi senyawa hasil reduksi pada panjang gelombang maksimum. Sebanyak 0,0054 g Paraquat dilarutkan dalam 50 mL aquades. Kemudian diambil 5 mL dari larutan tersebut lalu diencerkan dengan aquades hingga 25 mL. Dari larutan encer tersebut diambil masing-masing 0,5 mL; 1 mL; 1,5 mL; 2 mL; 2,5 mL; 3 mL dan 3,5 mL. Ke dalam masing-masing larutan tersebut ditambah 1 mL larutan natrium ditionit 1 % dalam 0,1 N NaOH dan diencerkan dengan aquades hingga volume 10 mL. Larutan Paraquat tereduksi tersebut diukur dengan spektrofotometer UV-Vis.

Kapasitas adsorpsi Paraquat.

Adsorpsi isotermal Paraquat pada tanah kering oven 110 °C ditentukan dengan menggunakan 0,2 g tanah yang diinteraksikan dengan masing-masing 10 mL larutan Paraquat. Campuran dikocok selama 24 jam dan kemudian disentrifugal selama 10 menit untuk memisahkan endapan dan filtratnya. Filtrat dianggap sebagai kuantitas Paraquat tersisa di dalam larutan dan diukur dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 603,3 nm. Variasi konsentrasi Paraquat yang digunakan untuk tanah kering oven 110 °C, yaitu : 11,200; 24,677; 41,409; 50,802; 137,064; 310,431; 424,788; 470,210; 537,866; 584,344; 757,311; 955,381 dan 1035,616 mgL⁻¹.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Adsorpsi isotermal herbisida Paraquat oleh masing-masing 0,2 gram tanah kering oven 110 °C pada tingkat paparan konsentrasi herbisida Paraquat ditunjukkan pada Gambar 1 berikut ini.

Berdasarkan Gambar 1 di bawah ini dapat disimpulkan bahwa grafik adsorpsi

isotermal herbisida Paraquat mengikuti pola adsorpsi jenis-L yang merupakan ciri-ciri adsorpsi isotermal pola Langmuir. Pada paparan konsentrasi cukup rendah semua Paraquat yang diaplikasikan terserap habis dan ditengarai terjadi pembentukan ikatan secara kimiawi antara Paraquat dengan situs aktif tanah, baik dengan bahan organik maupun dengan mineral clay.

Pada paparan konsentrasi $11,2 \text{ mgL}^{-1}$ - $50,802 \text{ mgL}^{-1}$ seluruh Paraquat teradsorpsi pada tanah. Adsorpsi mulai memperlihatkan peningkatan pada paparan konsentrasi $137,064 \text{ mgL}^{-1}$ dan mulai konstan pada $470,210 \text{ mgL}^{-1}$. Adsorpsi maksimum untuk tanah kering oven 110°C terjadi pada paparan konsentrasi $470,210 \text{ mgL}^{-1}$.

Penentuan kapasitas adsorpsi dan energi bebas Gibbs adsorpsi Paraquat tanah dapat menggunakan persamaan Langmuir seperti berikut ini.

$$\frac{C}{n} = \frac{1}{bK} + \frac{C}{b} \quad (\text{Harter 1986})$$

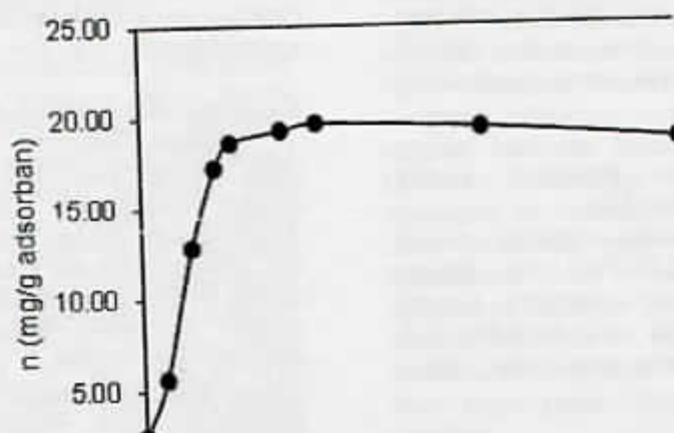
Dimana :

- C = Konsentrasi kesetimbangan (mol/L)
- n = Jumlah zat teradsorpsi per gram tanah
- b = suatu tetapan
- K = suatu tetapan

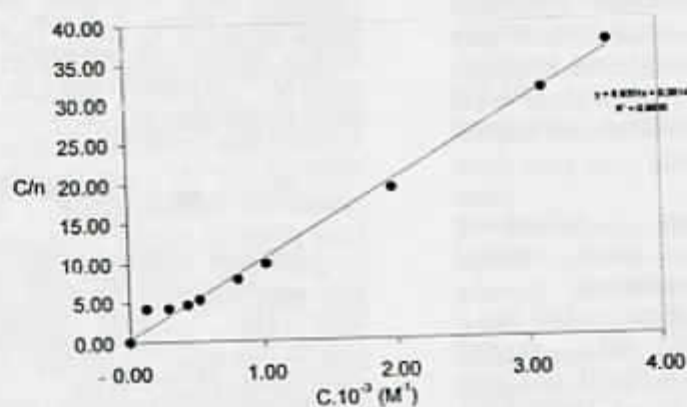
Bila persamaan tersebut terpenuhi, maka plot C/n vs C akan menghasilkan garis lurus dengan slop dan intersep masing-masing $1/b$ dan $1/K$. Gambar 2 memperlihatkan plot adsorpsi isotermal Langmuir untuk adsorpsi Paraquat oleh tanah kering oven 110°C .

Harga parameter Langmuir yang diperoleh dari grafik pada Gambar 2 disajikan pada Tabel 1 berikut ini.

Adsorpsi maksimum tanah kering oven 110°C terhitung 18.811 mgg^{-1} ($0,000101 \text{ mol/g}$). Adsorpsi Paraquat pada tanah tidak saja terjadi pada bagian mineral tanah,



Gambar 1. Adsorpsi isotermal Paraquat oleh tanah pertanian kering oven 110°C



Gambar 2. Plot Langmuir adsorpsi isotermal Paraquat oleh tanah pertanian kering oven 110°C

Tabel 1. Parameter Langmuir untuk adsorpsi Paraquat oleh tanah kering oven 110 °C

Adsorban (Tanah)	r^2	$\frac{b}{\text{mg.g}^{-1}}$	$\frac{b}{\text{mol.g}^{-1}}$	K	ΔG (kJ.mol ⁻¹)
Kering oven 110 °C	0,994	18,811	1,01.10 ⁻⁴	2,61.10 ⁴	-25,360

tetapi terjadi pula pada bagian fraksi organiknya. Banyak penelitian telah membuktikan bahwa bahan organik memberikan kontribusi berarti terhadap paraquat. Paling tidak fakta tersebut telah diungkapkan oleh Kookana *et al.* (1993) dan WHO (1984). Bahan organik menyerap herbisida, sebagai contoh paraquat, melalui asam humat dan asam fulvat. Asam humat dan asam fulvat banyak memiliki situs bermuatan negatif melalui gugus -OH, baik berasal dari gugus asam karboksilat maupun fenolat; bahkan melalui gugus fungsi -NH.

Adsorpsi herbisida Paraquat pada tanah diasumsikan berlangsung reversibel. Asumsi demikian didukung oleh data adsorpsi yang memenuhi persamaan adsorpsi isothermal Langmuir, dimana pada paparan konsentrasi tertentu terjadi adsorpsi maksimal. Oleh karena demikian, energi adsorpsi dapat dianalogikan dari energi bebas Gibbs (ΔG) yang diperoleh dari konstanta kesetimbangan, K . Hubungan ΔG dengan K dinyatakan sebagai $\Delta G = -R.T. \ln K$. Energi bebas Gibbs yang diperoleh untuk adsorpsi Paraquat adalah 25,360 kJ.mol⁻¹.

SIMPULAN DAN SARAN

Tanah kering oven 110 °C sebagai representasi tanah normal mempunyai kapasitas adsorpsi maksimum terhadap Paraquat sebesar 18,811 mgg⁻¹ (0,000101 mol/g) dan energi bebas Gibbs sebesar 25,360 kJmol⁻¹.

Perlu dikaji pengaruh adsorpsi Paraquat terhadap karakter tanah, seperti kapasitas pertukaran kation (KPK), pH, dan desorpsi. Perlu dikaji kinetika adsorpsi

Paraquat pada tanah. Perlu dikaji pengaruh fotodegradasi Paraquat yang telah teradsorpsi pada tanah dan perlu dikaji perilaku herbisida Paraquat pada tanah yang telah mengalami kerusakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada P4T yang telah mendanai penelitian ini melalui proyek penelitian Dosen Muda. Terimakasih kepada Lembaga Penelitian Universitas Syiah Kuala yang telah menjadi fasilitator dan semua pihak yang telah membantu penulis untuk menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Gamar, Y., & M.A. Mustafa. 1973, Adsorption and desorption of diquat²⁺ and paraquat²⁺ on arid-zone soils, *Soil Science*, 119: 290-295.
- Govi, M. 1996, Sorption and desorption of herbicides by soil humic acid fraction. *Soil Science*, 161: 265-269.
- Harter, R.D. 1986, Adsorption phenomena. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Kookana, R.S., L.A.G. Aylmore, & R.G. Gerritse. 1993. Adsorption-desorption of selected pesticides in Some Western Australian Soil, *Aust. J. Soil. Res.* 35: 107-121.
- Kookana, R.S., L.A.G. Aylmore. 1989, Retention and release of diquat and paraquat herbicides in soils, *Aust. J. Soil. Res.* 31: 97-109.
- WHO, 1984. Paraquat and Diquat. World Health Organization, Geneva.