

**DISTRIBUSI VERTIKAL HERBISIDA GLIFOSAT DAN PENGARUHNYA
TERHADAP SIFAT TANAH**

***VERTICAL DISTRIBUTION OF GLYPHOSATE HERBICIDE AND
ITS EFFECTS TO THE SOIL PROPERTIES***

S. Setyo Wardoyo

Jur. Ilmu Tanah UPN "Veteran" Yogyakarta,
Jl. Lingkar Utara, Condongcatur Yogyakarta 55283 Telp. 0274-486737.
Email: setyowdr@yahoo.ac.id

ABSTRACT

The research of glyphosate herbicide distribution in soil is important because of the contribution to the knowledge. The goals of the research were to: i). know the distribution pattern of glyphosate herbicide which infiltrated in the soil, ii). understand the effects of glyphosate herbicide residues on soil properties and plant growth. There were three soil subgroups (*Typic Udifluvent*, *Andic Dystrudept*, and *Typic Dystrudept*) that prepared into soil columns and treated with 3 kg/ha glyphosate. Results showed that the distribution of glyphosate in soil is mostly influenced by soil texture, especially the clay. The soil with textural classes of sand, loam and clay at field capacity condition adsorbed glyphosate until 62%, 91%, and 99% respectively after the glyphosate applied through soil surface. Water infiltration was equivalent to 2x125 mm rainfall. Concentration of glyphosate residue on the lower layer increasing on sand texture and vice versa decreasing on clay texture. The residues of glyphosate changed several properties of soil, both chemical and biological. Effects of glyphosate residue increased P-available, decreased Fe-available, total microorganism number, Rhizobium, and phospho-solubilizing bacteria on all three class textures.

Keywords: distribution, glyphosate, texture

ABSTRAK

Distribusi herbisida glifosat di dalam tanah penting untuk diteliti karena kontribusinya terhadap pengetahuan. Tujuan penelitian ialah:

i). mengetahui pola distribusi herbisida glifosat yang terinfiltrasi ke dalam tanah, ii). memahami pengaruh residu herbisida glifosat terhadap sifat tanah dan terhadap pertumbuhan tanaman. Tiga subgrup tanah (*Typic Udifluvent*, *Andic Dystrudept*, dan *Typic Dystrudept*) disiapkan dalam kolom-kolom tanah dan diperlakukan dengan 3 kg/ha glifosat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa distribusi glifosat di dalam kolom tanah sangat dipengaruhi oleh tekstur tanah, terutama kadar lempungnya. Tanah yang bertekstur pasir, geluh, dan lempung, dalam kondisi kapasitas lapang mengadsorpsi glifosat sebesar 62%, 91%, dan 99% setelah aplikasi glifosat lewat permukaan tanah. Infiltrasi air setara dengan 2x125 mm curah hujan. Konsentrasi residu glifosat pada permukaan yang lebih bawah semakin meningkat pada tanah bertekstur pasir, dan semakin menurun pada tanah bertekstur lempung. Residu glifosat dapat merubah beberapa sifat tanah baik sifat kimia maupun biologi. Residu glifosat meningkatkan P tersedia, dan menurunkan Fe tersedia, jumlah total mikroorganisme, Rhizobium, dan bakteri pelarut P pada ketiga jenis tanah.

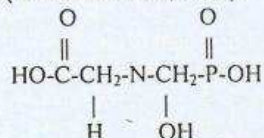
Kata kunci: distribusi, glifosat, tekstur

PENDAHULUAN

Rumus kimia glifosat adalah $C_3H_8NO_5P$ atau dapat ditulis sebagai bentuk ion $COOH-CH_2-NH_2^+-CH_2-HPO_3^-$ (Knuuttila dan Knuuttila, 1985) dan mempunyai struktur kimia (Gambar 1), serta bobot molekul 169.07. Bentuk fisiknya berupa bubuk (*powder*), berwarna putih, mempunyai

bobot jenis 0.5 g cm^{-3} , dan kemampuan larut dalam air 1.2% (Beste, 1983).

Glifosat merupakan herbisida *non-selektif* berspektrum luas yang dapat mengendalikan gulma semusim maupun tahunan di daerah tropika pada waktu pasca-tumbuh (*post-emergence*). Glifosat diserap oleh daun dan bagian-bagian tanaman lainnya, kemudian terangkut melalui floem. Cara kerja glifosat adalah menghambat kerja enzim *5-enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate sintase* (EPSPS) dalam pembentukan asam amino aromatik seperti *tryptofan*, *tyrosine*, dan *fenil alanine* (Karyanto, 1996). Belakangan diketahui bahwa glifosat juga dapat membunuh mikroorganisme bakteri, karena sebagian besar dari bakteri mempunyai enzim EPSPS (Wiersema *et al.*, 1999).



Gambar 1. Struktur kimia glifosat (Beste, 1983).
(Figure 1. Glyphosate chemical structure (Beste, 1983))

Penggunaan herbisida glifosat terus meningkat, sejak dikembangkannya program budidaya pertanian olah tanah konservasi (OTK) di lahan kering tahun 1987, sejalan dengan upaya peningkatan produksi pangan, serat, dan bahan mentah hasil pertanian lainnya. Pelaksanaan program OTK di lahan kering selalu menggunakan herbisida untuk memberantas gulma, bahkan budidaya sistem OTK identik dengan budidaya pertanian menggunakan herbisida. Penggunaan herbisida dilakukan terus menerus dua kali setiap menjelang musim tanam. Pertama, herbisida pasca tumbuh untuk memberantas gulma melalui daun dan kedua herbisida pratumbuh untuk mematikan biji gulma yang sudah berkecambah di atas tanah.

Ditinjau dari segi penggunaannya yang intensif, diduga bahwa di dalam tanah banyak residu herbisida yang tertinggal. Oleh karena itu keberadaan herbisida di dalam tanah, baik yang teradsorpsi oleh lempung atau bahan

organik dan tercuci oleh air infiltrasi perlu diidentifikasi agar dapat direkapitulasi distribusi herbisida yang telah diaplikasikan.

Pada skala laboratorium, adsorpsi glifosat oleh tanah pernah diteliti oleh Hance (1976). Pada penelitian tersebut jenis tanahnya tidak dilaporkan, tetapi tanahnya diidentifikasi sampai dengan tingkat Famili atau Seri. Pada penelitian tersebut tanah dicirikan dengan menggunakan kode disertai keterangan tentang beberapa sifat seperti distribusi ukuran zarah, pH, dan bahan organik. Sprankle *et al.* (1975a; 1975b) juga telah meneliti glifosat dengan menitikberatkan pada adsorpsi, mobilisasi, dan kecepatan inaktivasi di dalam tanah. Informasi mengenai sifat tanah yang dilaporkan adalah tekstur tanah yaitu berturut-turut geluh berlempung, geluh berpasir, pasir kuarsa, dan tanah organik (*muck soil*).

Di Indonesia, penelitian glifosat menggunakan tanah yang diidentifikasi sampai dengan Famili atau Seri belum dilaporkan, dengan demikian masih diperlukan penelitian lebih lanjut tentang perilaku glifosat pada jenis tanah tertentu dan pengaruhnya terhadap sifat tanah tersebut. Di Australia, pada tanah-tanah dengan pH 6.0-8.5, C-organik 1.2-2.3%, dan kadar lempung 16-45%, waktu paruh (*half life*) dari glifosat yang diperoleh adalah sebesar 65-206 hari (Suwardji, 2001).

Penelitian bertujuan untuk: 1). mengetahui pola sebaran herbisida glifosat yang terinfiltrasi ke dalam tanah, dan 2). mengetahui pengaruh residu herbisida glifosat terhadap sifat tanah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB Baranangsiang, Bogor. Bahan percobaan yang digunakan adalah contoh tanah *Typic Udifluent* diambil dari lahan kering Kebun Percobaan Fak. Pertanian, IPB Darmaga. Contoh tanah *Andic Dystrudept* diambil dari Sukamantri, Ciomas Bogor, dan contoh tanah *Typic Dystrudept* diambil dari Kebun Percobaan Fakultas Pertanian IPB Darmaga. Herbisida glifosat label standar ($\text{C}_3\text{H}_8\text{NO}_5\text{P} = 169.07; 98.0\%$) diperoleh dari Laboratorium "Ecological Chemistry, Hokkaido

University". Tanaman yang digunakan sebagai indikator dalam percobaan adalah Kedelai varietas Orba.

Selain alat-alat yang digunakan di laboratorium dan lapangan, alat spesifik yang digunakan untuk analisis kadar glifosat di dalam tanah, air, dan daun kedelai di laboratorium adalah seperangkat alat HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*). Spesifikasi alat ini disesuaikan untuk penetapan glifosat yaitu kolom penukar ion HITACHI GEL-3013 N (3.0x300 mm), eluen (fase gerak) menggunakan H_3PO_4 0.08 M, laju aliran 0.5 ml/menit, detektor menggunakan sinar ultra violet (UV) atau VIS dengan panjang gelombang 340 nm. Metode ekstraksi tanah mengikuti metode Spann dan Hargreaves (1994), sedangkan sistem pendeteksian glifosat dengan metode tersebut yang dimodifikasi.

Percobaan menggunakan dosis bahan aktif glifosat 0, 1, 2, 3, dan 4 kg ha⁻¹ pada tiga subgrup tanah masing-masing mempunyai tekstur pasir (*Typic Udifluent*), lempung (*Andic Dystrudept*), dan lempung (*Typic Dystrudept*). Khusus penetapan kadar glifosat tanah, air, dan daun diambil dari satu set perlakuan yaitu dosis 3 kg ha⁻¹. Contoh tanah kering udara $\phi \leq 2$ mm dimasukkan ke dalam paralon (ϕ dalam 10 cm dan panjang 40 cm) sampai setinggi 38 cm, selanjutnya dimampatkan dengan Stamp volumeter. Pemampatan tanah dilakukan dengan tujuan agar bobot isi (BI) tanah di dalam kolom mendekati BI tanah di lapang.

Berdasarkan BI masing-masing jenis tanah, berat tanah yang dimasukkan ke dalam paralon adalah 3.89 kg untuk tanah *Typic Udifluent* (BI=1.85g cm⁻³), 2.28 kg untuk tanah *Andic Dystrudept* (BI=0.99g cm⁻³), dan 2.17 kg untuk tanah *Typic Dystrudept* (BI=1.03g cm⁻³). Dengan demikian dosis glifosat 3 kg ha⁻¹ tersebut setelah dikonversikan dengan luas permukaan paralon dan berat masing-masing jenis tanah, adalah setara dengan 0.43 ppm untuk tanah *Typic Udifluent*, 0.79 ppm untuk tanah *Andic Dystrudept* dan 0.77 ppm untuk tanah *Typic Dystrudept*. Bagian atasnya diberi lapisan kain kasa (strimin) sebagai tanda titik nol dari herbisida glifosat

sebelum terinfiltrasi. Sisa 2 cm teratas digunakan sebagai tempat pemberian air. Air diberikan setara curah hujan bulanan tertinggi di daerah asal tanah x 70% (Dunne dan Leopold, 1978).

Penambahan air dilakukan dua kali sehari sampai menghabiskan jumlah air yang ditentukan (setara dengan curah hujan = 2x125 mm). Setelah kadar air mendekati kapasitas lapang, yaitu 24 jam untuk tanah *Typic Udifluent* (tekstur pasir), 36 jam untuk tanah *Andic Dystrudept* (tekstur lempung) dan 48 jam untuk tanah *Typic Dystrudept* (tekstur lempung), pipa paralon bagian atas ditutup, kemudian pada paralon tersebut dibuat lubang selebar 3-4 cm memanjang sesuai dengan panjang paralon dengan gergaji listrik. Contoh tanah diambil setiap kedalaman 5, 20, dan 35 cm dari permukaan atas untuk ditetapkan kadar glifosatnya. Air yang tertampung dibawah kolom tanah juga ditetapkan kadar glifosatnya.

Pipa paralon disusun horisontal (agar dapat menampung banyak tanaman dan mempermudah pengambilan sampel tanah tiap kedalaman), kemudian ditanami kedelai. Kadar air dipertahankan pada keadaan kapasitas lapang, dikontrol dengan Tensiometer.

Percobaan menggunakan rancangan perlakuan petak terbagi (*split-plot*) dengan rancangan lingkungan acak lengkap yang diulang tiga kali. Jenis tanah dianggap sebagai petak utama (T1 = *Typic Udifluent*, T2 = *Andic Dystrudept*, T3 = *Typic Dystrudept*), dan dosis glifosat dianggap sebagai anak petak (0, 1, 2, 3, dan 4 kg ha⁻¹).

Pada minggu ke-6 contoh tanah diambil secara komposit dari pipa paralon setiap kedalaman 5, 20, dan 35 cm dari permukaan atas untuk ditetapkan sifat kimia dan sifat biologi tanahnya. Peubah yang diamati adalah P-total (ekstrak HCl 25%), P-tersedia (Bray I), Fe-tersedia (DTPA), N-total, pH, jumlah seluruh mikroorganisme yang ada di dalam tanah (= total mikroorganisme, metode NA), bakteri *Rhizobium* (YEMA), mikroorganisme pelarut P (Pikovskaya).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Glifosat Di Dalam Kolom Tanah

Glifosat yang diadsorpsi oleh tanah T3 (*Typic Dystrudept* Darmaga) secara total lebih tinggi dibandingkan T2 (*Andic Dystrudept*

Sukamantri), dan T1 (*Typic Udifluent Darmaga*) pada kedalaman 5, 20, dan 35 cm (Tabel 1). Sebagai informasi analisis pendahuluan, ketiga tanah tersebut mempunyai sifat yang hampir sama (bahan organik 2.02% untuk T1, 2.61% untuk T2, 2.50% untuk T3; dan pH netral yaitu masing-masing 6.90, 6.70, 6.80). Tipe lempung tanah T2 dan T3 juga sama, yaitu tipe 1:1 (haloisit untuk T1 dan kaolinit untuk T2). Perbedaan yang sangat mencolok dari sifat ke tiga tanah tersebut adalah tekstur tanah atau kadar lempung, dengan demikian tingginya glifosat pada tanah T3 diduga disebabkan karena kadar lempungnya yang lebih tinggi (60%) dibandingkan tanah lainnya.

Ditinjau dari segi kemampuan mengadsorpsi glifosat, mineral haloisit mempunyai kesamaan dengan mineral kaolinit, walaupun ada perbedaan di dalam struktur kristalnya. Baik mineral lempung haloisit (pada tanah T2) maupun mineral lempung kaolinit (pada tanah T3) tergolong dalam tipe lempung 1:1. Pada setiap unit kristal haloisit terdapat 4 molekul H₂O yang berada di antara lembar unit kristalnya, sehingga pembentukan ikatan hidrogen (HO-H) relatif lebih sulit dibandingkan kaolinit. Dalam hubungannya dengan adsorpsi glifosat, lebar antara unit kristal haloisit yang satu dengan kristal yang lain adalah sekitar 2.9 Å. Lebar antar unit kristal kaolinit adalah 2.7 Å. Ukuran kristal glifosat adalah 8.4 Å pada sumbu vertikal dan 5.18 Å pada sumbu horisontal (Knuuttila dan

Knuuttila, 1985). Glifosat tidak dapat masuk ke dalam ruang antar kisi atau kristal haloisit dan kaolinit, sehingga haloisit mempunyai kesamaan dengan kaolinit dalam hal mengadsorpsi glifosat. Pada kedua mineral lempung tersebut, reaksi-reaksi hanya berlangsung di permukaan lempung, terutama pada ujung patahan mineral.

Kaolinit dan haloisit dapat berinteraksi dengan glifosat melalui beberapa cara: 1). ikatan hidrogen dari gugus reaktif OH pada oktahedral dengan gugus fosfonik atau gugus karboksil dari glifosat, 2). ikatan kovalen (*ion pairing*) antara gugus O yang terbuka pada tetrahedral dengan gugus amina dari glifosat, dan 3). melalui ikatan jembatan kation polivalen (misalnya kation Al, Fe, Ca, Mg) yang menghubungkan gugus O pada tetrahedral lempung dengan gugus fosfonik atau gugus karboksil dari glifosat.

Glifosat yang diadsorpsi oleh tanah T1 berturut-turut sebesar 16.3% pada bagian atas, 13.9% pada bagian tengah, dan 32.6% pada bagian bawah; sedangkan sebagian (27.9%) glifosat diinfiltrasikan ke bawah bersama air. Hal ini berhubungan dengan sifat fisik tanah tersebut yang memiliki pori air tersedia hanya 6.74% dan kadar lempung 5%, pori air drainase cepat relatif tinggi, dengan kelas tekstur pasir, sehingga total muatan yang dapat berikatan dengan glifosat di dalam kolom tanah relatif rendah. Dengan demikian jumlah glifosat yang diadsorpsi oleh tanah 1 lebih rendah dibandingkan tanah lainnya.

Tabel 1. Distribusi residu glifosat dalam kolom tanah, air, dan tanaman.
(*Table 1. Distribution of glyphosate residue in soil column, water, and plant*)

Bagian yang di analisis	Typic Udifluent Darmaga (T1)	Andic Dystrudept Sukamantri (T2)	Typic Dystrudept Darmaga (T3)
	ppm		
Tanah bagian atas (5 cm)	0.07 (16.3%)	0.21 (26.6%)	0.43 (55.8%)
Tanah bagian tengah (20 cm)	0.06 (13.9%)	0.23 (29.1%)	0.28 (36.4%)
Tanah bagian bawah (35 cm)	0.14 (32.6%)	0.28 (35.4%)	0.05 (6.5%)
Air tertampung	0.12 (27.9%)	0.03 (3.8%)	ttu
Daun kedelai *)	ttu	ttu	ttu
Total	0.39 (90.%)	0.75 (94.9%)	0.76 (98.7%)

Keterangan: ttu= tak terukur, ()= persen terhadap dosis glifosat yang diaplikasikan (tanah 1 = setara 0.43 ppm, tanah 2 = setara 0.79 ppm, dan tanah 3 = setara 0.77 ppm); *) umur 3 minggu.

Pada tanah T2, glifosat lebih terdistribusi ke bawah dibandingkan tanah T3, walaupun kedua tanah memiliki tipe lempung yang sama yaitu 1:1. Glifosat yang teradsorpsi tanah pada bagian atas sebesar 26.6%, pada bagian tengah 29.1%, dan pada bagian bawah 35.4%; sedangkan glifosat yang terbawa oleh air infiltrasi sebesar 3.8%. Tanah T2 mempunyai kelas tekstur lempung (kadar lempung 23%); sehingga total muatan yang dapat berikatan dengan glifosat di dalam kolom tanah relatif tinggi. Sementara perbandingan pori air tersedia (26%) dan pori air drainase (36%) relatif seimbang, dengan demikian glifosat yang teradsorpsi pada tanah T2 juga seimbang dari lapisan atas sampai bawah.

Tanah T3 mengadsorpsi glifosat masing-masing dari atas ke bawah sebesar 55.8%, 36.4%, dan 6.5%. Total glifosat yang diadsorpsi sebesar 98.7% dari total glifosat yang diaplikasikan (0.77 ppm), sedangkan glifosat yang terinfiltrasi tidak ada. Ditinjau dari sifat fisiknya, tanah 3 didominasi oleh lempung (60%), dengan kelas tekstur lempung, sehingga muatan di dalam satu kolom tanah T3 sangat tinggi. Sehubungan jumlah air yang ditambahkan sama dengan air yang ditambahkan pada tanah T1 dan T2, sementara muatan yang ada dalam kolom tanah jauh lebih tinggi, maka glifosat yang ditambahkan dengan segera diadsorpsi oleh lempung bagian atas dan akibatnya glifosat lebih banyak yang tertahan pada bagian atas.

Hasil percobaan kolom tanah menunjukkan bahwa total glifosat yang terukur dari tanah bagian atas, tengah dan bawah serta dari air yang tertampung pada kolom tanah T1, T2, dan T3 masing-masing adalah 90.7%, 94.9%, dan 98.7%, sehingga masing-masing kolom terjadi kehilangan glifosat sebesar 9.3%, 5.1%, dan 1.3% dari total glifosat yang diaplikasikan. Kehilangan glifosat tersebut disebabkan oleh dua kemungkinan. Kemungkinan pertama, glifosat yang bebas di dalam larutan tanah (tidak teradsorpsi lempung dan tidak membentuk kelat), dapat terdegradasi oleh mikroorganisme yang tahan terhadap perlakuan glifosat seperti halnya bakteri *Agrobacterium radiobacter* (Wiersema *et al.* 1999) di dalam

larutan tanah. Kemungkinan kedua, glifosat yang terbawa oleh air infiltrasi ke luar kolom tanah, akan langsung berhubungan dengan udara bebas dan sinar matahari, sehingga glifosat dapat terdegradasi oleh mikroorganisme yang masuk lewat udara bebas atau mikroorganisme yang ikut terbawa oleh air yang digunakan untuk penelitian.

Tingginya glifosat pada tanah T3 dan tanah T2 nampaknya terkait dengan P dalam kompleks adsorpsi tanah. Menurut hasil penelitian Hance (1976), adsorpsi (penjerapan) glifosat di dalam tanah berkorelasi positif dengan kapasitas jerapan fosfat yang tersisa (*unoccupied*) dengan nilai $r = 0.721^*$, bukan dengan P-total, Fe terlarut, dan Al terlarut. Ini berarti P-inorganik menghambat masuknya glifosat ke dalam kompleks jerapan tanah. Semakin rendah P yang menduduki kompleks adsorpsi tanah, maka adsorpsi glifosat semakin tinggi.

P-total Tanah.

Perlakuan dosis glifosat tidak berpengaruh nyata terhadap P total pada tanah T1, T2, dan T3 (Tabel 2). Tidak meningkatnya P total pada tanah T1, T2, dan T3 disebabkan karena tanah-tanah tersebut hanya mendapatkan sedikit tambahan P dari glifosat yang diaplikasikan (kadar P dalam senyawa glifosat hanya sebesar 18%). P-glifosat tersebut ikut terekstrak sewaktu analisis di laboratorium, namun jumlahnya masih terlalu rendah. Dengan demikian kadar P total pada semua jenis tanah tidak meningkat.

P-tersedia.

Penambahan dosis glifosat secara umum meningkatkan kadar P tersedia pada semua jenis tanah (Tabel 2). Hal tersebut disebabkan dengan semakin tinggi dosis maka konsentrasi gugus fosfonik dan karboksil dari glifosat dalam kompleks adsorpsi tanah juga semakin meningkat. Jika secara kuantitatif anion dari glifosat lebih banyak dari anion fosfat dalam kompleks adsorpsi tanah, maka anion dari glifosat bisa mengganti anion fosfat. Selanjutnya fosfat berpindah ke larutan tanah dan P tersedia di dalam larutan tanah juga meningkat.

S. Setyo Wardoyo: *Distribusi Vertikal Herbisida Glifosat dan Pengaruhnya*.....

Tabel 2. Sifat kimia tanah setelah perlakuan glifosat pada minggu ke-6
(Table 2. Soil chemical properties after glyphosate treatment at 6th week)

Sifat tanah/Perlakuan jenis tanah	Dosis glifosat (kg ha ⁻¹)				
	0	1	2	3	4
1. P total tanah (%)					
Tanah 1	0.07 a	0.06 a	0.06 a	0.06 a	0.06 a
Tanah 2	0.08 a	0.08 a	0.08 a	0.07 a	0.08 a
Tanah 3	0.04 a	0.04 a	0.04 a	0.05 a	0.05 a
2. P tersedia (ppm)					
Tanah 1	106.60 b	106.30 b	106.40 b	107.20 ab	107.70 a
Tanah 2	63.45 d	63.00 d	66.85 c	69.40 b	75.40 a
Tanah 3	18.67 c	18.96 c	18.73 c	20.00 b	22.86 a
3. Fe tersedia (%)					
Tanah 1	2.34 a	2.14 a	2.15 a	1.72 b	1.75 b
Tanah 2	4.05 a	4.04 a	4.07 a	3.95 b	3.84 b
Tanah 3	3.15 a	3.15 a	3.19 a	2.74 b	2.37 b
4. N total (%)					
Tanah 1	0.05 a	0.04 a	0.04 a	0.04 a	0.04 a
Tanah 2	0.20 a	0.21 a	0.21 a	0.21 a	0.21 a
Tanah 3	0.20 a	0.19 a	0.19 a	0.19 a	0.19 a
5. pH tanah					
Tanah 1	6.8 a	6.8 a	6.8 a	6.8 a	6.8 a
Tanah 2	6.6 a	6.6 a	6.6 a	6.6 a	6.6 a
Tanah 3	6.7 a	6.7 a	6.7 a	6.7 a	6.7 a

Keterangan: huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada level 5 % uji DMRT

Fe-tersedia.

Perlakuan dosis glifosat berpengaruh nyata menurunkan Fe tersedia pada semua jenis tanah (Tabel 2). Dosis glifosat 0-2 kg ha⁻¹ tidak berpengaruh nyata terhadap Fe tersedia pada semua jenis tanah. Setelah dosis dinaikkan menjadi 3 dan 4 kg ha⁻¹, pengaruh nyata dalam penurunan Fe tersedia baru terlihat. Penurunan Fe disebabkan karena Fe mempunyai fungsi ganda dalam proses fisiko-kimia. Pertama, Fe berperan sebagai jembatan kation antara glifosat dengan lempung dalam proses teradsorpsinya glifosat oleh lempung. Kedua, ketika kapasitas jerapan dari lempung sudah mencapai maksimum maka kelebihan glifosat juga masih bisa membentuk kelat bersama Fe dan selanjutnya diendapkan (Sprankle *et al.*, 1975b; Moshier dan Penner, 1978), akibatnya konsentrasi Fe dalam larutan tanah menurun dan Fe tersedia juga menurun.

N-total Tanah.

Penambahan dosis glifosat tidak berpengaruh nyata terhadap N total. Ini berarti bahwa penambahan dosis glifosat tidak mampu menyumbangkan N total ke dalam tanah secara nyata, meskipun glifosat sendiri mengandung gugus NH₂⁺. Hal tersebut disebabkan karena bakteri *Rhizobium* yang berada di dalam tanah sudah dihambat oleh enzim EPSPS terlebih dahulu, sehingga bakteri *Rhizobium* tidak mampu menggunakan N-glifosat maupun menambat N dari udara di dalam bintil akar. Kadar N total sebesar 0.2-0.5% tersebut (Tabel 2) termasuk dalam kriteria sedang menurut Pusat Penelitian Tanah.

pH Tanah.

Penambahan glifosat tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah (Tabel 2). Hal tersebut disebabkan karena ion H^+ hasil disosiasi dari gugus fosfonik dan karboksil yang ada pada glifosat belum mampu menurunkan pH secara nyata pada dosis 0- 4 kg ha^{-1} . Tanah T1 mempunyai pH tertinggi, kemudian T3 dan T2.

Total Mikroorganisme.

Penambahan dosis glifosat berpengaruh nyata menurunkan jumlah total koloni mikroorganisme pada semua jenis tanah (Tabel 3). Semakin meningkatnya dosis glifosat menyebabkan total mikroorganisme dalam tanah semakin menurun. Kenyataan tersebut mengindikasikan bahwa glifosat dapat menurunkan populasi total mikroorganisme dalam tanah. Wiersema *et al.* (1999) berpendapat sebagian besar mikroorganisme mempunyai enzim EPSPS untuk memproduksi asam amino aromatik di dalam tubuhnya. Sementara itu glifosat berfungsi menghambat kerja enzim EPSPS tersebut di dalam jaringan tanaman. Glifosat juga membunuh sebagian besar mikroorganisme tanah yang mempunyai enzim EPSPS. Perlu

diingat bahwa ada beberapa mikroorganisme di dalam tanah yang tahan terhadap perlakuan glifosat, misalnya *Agrobacterium radiobacter*, *Enterobacter aerogenes*, dan *Escherichia coli*, bahkan dengan perkembangan teknologi akhir-akhir ini, gen dari bakteri-bakteri tersebut dapat ditransfer ke tanaman untuk mendapatkan tanaman budidaya yang tahan terhadap glifosat. Total mikroorganisme dalam tanah pada penelitian ini diduga didominasi oleh mikroorganisme yang mempunyai enzim EPSPS tetapi tidak tahan terhadap glifosat.

Bakteri *Rhizobium*.

Penambahan dosis glifosat yang semakin tinggi juga menurunkan populasi bakteri *Rhizobium* pada semua jenis tanah (Tabel 3). Pola penurunan *Rhizobium* ini sama dengan pola penurunan total mikroorganisme. Cole (1985), berpendapat bahwa *Rhizobium* yang umumnya ditemukan pada kedelai adalah *Rhizobium japonicum*. Bakteri tersebut juga mempunyai enzim EPSPS seperti bakteri lainnya, yang bisa terbunuh lewat penghambatan enzim tersebut. Dosis glifosat juga dapat menurunkan populasi bakteri *Rhizobium* dalam tanah.

Tabel 3. Sifat biologi tanah setelah perlakuan glifosat pada minggu ke-6
(Table 3. Soil biology properties after glyphosate treatment at 6th week)

Sifat tanah/Perlakuan Jenis Tanah	Dosis glifosat (kg/ha)				
	0	1	2	3	4
1. Total mikroorganisme ($\times 10^3$ spk/g)					
Tanah 1	1412.53 a	1390.11 b	1164.90 c	740.19 d	684.69 e
Tanah 2	861.35 a	667.54 b	602.98 c	488.81 d	255.94 e
Tanah 3	516.20 a	425.50 b	401.84 c	50.96 d	24.50 e
2. Bakteri <i>Rhizobium</i> ($\times 10^3$ spk/g)					
Tanah 1	49.34 a	27.47 b	23.74 c	21.99 d	16.43 e
Tanah 2	838.81 a	537.78 b	335.48 c	288.05 d	177.75 e
Tanah 3	275.75 a	266.87 b	246.57 c	223.78 d	184.87 e
3. Mikroorganisme Pelarut P ($\times 10^3$ spk/g)					
Tanah 1	0	0	0	0	0
Tanah 2	90.67 a	65.87 b	19.73 c	19.69 c	19.64 c
Tanah 3	28.88 a	28.83 a	20.05 b	19.85 b	19.84 b

Keterangan: huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata pada level 5 % uji DMRT; spk = satuan pembentuk koloni.

S. Setyo Wardoyo: *Distribusi Vertikal Herbisida Glifosat dan Pengaruhnya*.....

Mikroorganisme Pelarut P.

Penambahan dosis glifosat yang semakin tinggi menurunkan populasi mikroorganisme pelarut P pada tanah T2 dan T3 (Tabel 3). Pola tersebut sejalan dengan hasil total mikroorganisme dan bakteri *Rhizobium*. Umumnya mikroorganisme pelarut P pada tanah mineral di daerah tropika didominasi oleh bakteri *Pseudomonas* sp. Bakteri tersebut juga mempunyai enzim EPSPS seperti *Rhizobium*, yang bisa terbunuh oleh glifosat lewat penghambatan enzim EPSPS; akibatnya populasi mikroorganisme pelarut P menurun. Ditinjau dari indikator kualitas tanah sifat kimia, glifosat murni dapat memperbaiki sifat kimia (kadar P tersedia meningkat dan Fe tersedia turun), akantetapi dari sifat biologinya dapat menurunkan kualitas (biodeversitas tanah menurun), sedangkan sifat fisik tanah tidak terpengaruh. Olehkarena penelitian dilakukan di rumah kaca, kualitas tanah yang dipengaruhi oleh perlakuan glifosat pada masa waktu paruh (*half life*) masih aktif (6 minggu) tersebut akan menurunkan produktivitas lahan

KESIMPULAN

Distribusi glifosat di dalam tanah sangat ditentukan oleh kadar lempung, yang mempunyai kemampuan berinteraksi dengan glifosat, maupun dalam pengaruhnya terhadap daya menahan dan menginfiltrasikan air hujan. Tanah-tanah dengan kelas tekstur yang semakin halus, kemampuan mengadsorpsi glifosat semakin tinggi. Tanah yang bertekstur pasir, geluh dan lempung, dalam kondisi kapasitas lapang mengadsorpsi glifosat berturut-turut sebesar 62%, 91%, dan 99% dari jumlah glifosat yang diaplikasikan lewat permukaan tanah pada kondisi air infiltrasi setara 2x125 mm curah hujan.

Ditinjau dari distribusinya, tanah bertekstur pasir mempunyai kemampuan yang tinggi untuk meloloskan glifosat ke bawah dibandingkan lempung, sementara tanah bertekstur lempung cenderung menahan glifosat di bagian atas. Konsentrasi residu glifosat semakin ke bawah semakin meningkat pada tanah bertekstur pasir, dan semakin ke bawah

semakin menurun pada tanah bertekstur lempung. Sementara itu, tanah bertekstur geluh memiliki karakter di antara tanah bertekstur pasir dan lempung.

Perlakuan glifosat mampu memperbaiki beberapa sifat tanah. Penambahan dosis glifosat pada ketiga jenis tanah dengan tekstur berbeda menyebabkan peningkatan P tersedia dan menurunkan Fe tersedia, sebaliknya perlakuan glifosat juga menyebabkan penurunan jumlah koloni total mikroorganisme, bakteri *Rhizobium* dan mikroorganisme pelarut P. Dari segi kimia tanah, glifosat murni dapat memperbaiki sifat tanah, tetapi dari segi biologi tanah dapat menurunkan kualitas tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Beste, C. E. 1983. *Herbicide Handbook of the Weed Science Society of America*. WSSA, Illinois.
- Cole, D. J. 1985. Mode of Action of Glyphosate - A Literature Analysis. pp. 48-74. In. E. Grossbard and D. Atkinson. *The Herbicide Glyphosate*. Butterworths Co. London.
- Dunne, T. and L. B. Leopold. 1978. *Water in Environmental Planning*. W. H. Freeman Co. San Fransisco.
- Hance, R. J. 1976. Adsorption of Glyphosate by Soils. *Pestic. Sci.* 7: 363-366.
- Karyanto, A. 1996. *Rekayasa Tanaman Resisten terhadap Herbisida: Konsep, Masalah dan Prospek*. Prosiding Konferensi XIII dan Seminar Ilmiah HIGI. Bandar Lampung, 5-7 Nov. 1996. p. 531-539.
- Knuuttila, P. and H. Knuuttila. 1985. Molecular and Crystalline Structure Glyphosate. p. 18-22. In. E. Grossbard and D. Atkinson. *The Herbicide Glyphosate*. Butterworths Co. London.
- Moshier, L. J. and D. Penner. 1978. Factors Influencing Microbial Degradation of ¹⁴C-Glyphosate to ¹⁴CO₂ in Soil. *Weed Sci.* 26: 686-691.
- Spann, K. P. and P. A. Hargreaves. 1994. The Determination of Glyphosate in Soils with Moderate to High Clay Content. 1994. *Pestic. Sci.* (40): 41-48.

Setyo Wardoyo: *Distribusi Vertikal Herbisida Glifosat dan Pengaruhnya*.....

Frankle, P., W. F. Meggitt, and D. Penner.
1975a. Rapid Inactivation of Glyphosate in
the Soil. *Weed Sci.* 23: 224-228

Frankle, P., W. F. Meggitt, and D. Penner.
1975b. Adsorptions, Mobility, and
Microbial Degradation of Glyphosate in
the Soil. *Weed Sci.* 23: 229-234.

Iwardji. 2001. Penerapan Olah Tanah
Konservasi dalam Mendukung Agribisnis.
Makalah Seminar Nasional Sehari OTK.
Faperta UPN "Veteran" Yogyakarta. 3
Juli 2001.

Wiersema, R., M. Burns, and D. Hershberger.
1999. Glyphosate Pathway Map. Univ. of
Minnesota. [serial online] [http://www.
labmed.umn.edu/umbbd/gly/gly_map.html](http://www.labmed.umn.edu/umbbd/gly/gly_map.html)
[29 Okt 1999].