

PERSISTENSI HERBISIDA METOLACHLOR DAN PENDIMETHALIN PADA TANAH BERBEDA KANDUNGAN BAHAN ORGANIK

Baidhawi

Email Korespondensi :

Abstrak

Suatu percobaan telah dilakukan di rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran mulai Juni sampai Agustus 2012. Percobaan ini bertujuan untuk mengkaji persistensi herbisida metolachlor dan pendimethalin pada lima tanah inseptisol yang berbeda kandungan bahan organik. Percobaan dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) tiga faktor, faktor pertama adalah dosis herbisida (0.00, 0.75, 1.5, and 2.25 kg ba ha⁻¹). Faktor kedua adalah kandungan bahan organik tanah (1.9, 4.40, 5.98, 6.24, and 12.4 %) serta jenis herbisida (metolachlor and pendimethalin). Terdapat interaksi antara kandungan bahan organik tanah dengan dosis herbisida pada 21 dan 42 HSA sedangkan pada 63 HSA tidak terdapat interaksi. Persistensi herbisida terendah dijumpai pada tanah yang tinggi kandungan bahan organik dan pada dosis herbisida yang rendah.

Kata Kunci: Metolachlor, Pendimethalin, Bahan Organik, bioassay, cucumber, HPLC

Abstract

The experiment was conducted at glasshouse owned by Faculty of Agriculture Padjadjaran University, Bandung, Indonesia from June until August 2012. The objective of this experiment was to determine the persistence of metolachlor pendimethalin herbicide in four different soils (ultisol jatinangor I, II, III and compost) organic matter content using bioassay technique. The design experiment used was complete block design with factorial pattern. There were three factors. The first factor was dose of pendimethalin herbicide: 0.00, 0.75, 1.5, and 2.25 kg ai ha⁻¹. The second factor was soil organic matter content: 1.9, 4.40, 5.98, 6.24, and 12.4 %. The third factor was type of herbicide (metolachlor and pendimethalin). Cucumber was used as a test crop. The dry weights of cucumber were used as parameter to detect the residue of pendimethalin in soils. There was a interaction between the dose of pendimethalin and soil organic matter contents. The treatment combination of 0.75 a.i ha⁻¹ and soil with 12.4% organic matter content showed the lowest persistence of pendimethalin in soil, whereas the highest persistence of pendimethalin was with the treatment combination of 2.25 a.i ha⁻¹ and soil with 1.9% organic matter content.

Keywords: Pendimethalin, organic matter, bioassay, cucumber, HPLC

Pendahuluan

Pengendalian gulma dengan herbisida sampai saat ini masih dianggap yang terbaik, karena selain efektif dalam menekan populasi gulma, juga jauh lebih praktis dalam pelaksanaannya. Disamping itu, pengendalian gulma dengan herbisida mempunyai keunggulan lain yaitu tidak membutuhkan tenaga kerja yang banyak, waktu yang relatif singkat, dan biaya yang relatif rendah khususnya pada areal yang luas dibandingkan dengan pengendalian secara mekanis, karena cara yang terakhir masih merupakan cara yang diandalkan oleh petani.

Metolachlor [2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl) acetamide] dan pendimethalin [N-(1-ethylpropyl)-3,4-dimethyl-2,6-dinitrobenzen amine] merupakan herbisida yang sering digunakan untuk mengendalikan gulma di pertanaman kedelai dan jagung (Anderson, 1982; Rao, 2000; OMAFRA, 2002; Cornell University, 2005). Metolachlor sangat efektif mengendalikan gulma berdaun lebar, teki dan rerumputan semusim, sedangkan pendimethalin selain efektif untuk mengendalikan gulma rerumputan juga efektif mengendalikan gulma berdaun lebar yang berbiji kecil (OMAFRA, 2002; Seybold dan Mersie, 2002; Greatvita, 2005). Vencill (2002) menambahkan bahwa kedua herbisida tersebut merupakan herbisida yang diaplikasikan ke tanah

sebagai herbisida pratumbuh berdasarkan tempat aplikasinya.

Herbisida yang diaplikasikan ke tanah bertujuan untuk mengendalikan gulma selama periode kritis, namun tidak menimbulkan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman sampai musim tanam berikutnya (Muller *et al.*, 1999). Lamanya herbisida tetap dalam keadaan aktif di dalam tanah (*persistensi herbisida*) sangat dipengaruhi oleh faktor-faktor volatilisasi, fotodekomposisi, adsorpsi, pencucian, degradasi oleh mikroba maupun kimia, serta diserap oleh tumbuhan (Rao, 2000).

Hager dan Sprague (2002) menjelaskan bahwa faktor yang menentukan persistensi herbisida adalah tanah, iklim, serta sifat kimia herbisida itu sendiri. Ditambahkan oleh Monk dan Banks (1993) bahwa sifat kimia herbisida tersebut adalah daya larut dalam air, tekanan uap, kepekaan molekul herbisida terhadap degradasi kimia dan mikroorganisme, jenis serta dosis herbisida. Menurut Currann (1998) faktor tanah yang mempengaruhi persistensi herbisida adalah tekstur tanah, kimia tanah, kandungan bahan organik tanah, dan aktivitas mikroba.

Persistensi herbisida berhubungan dengan waktu aktif dari herbisida tersebut di dalam tanah. Persistensi herbisida yang lebih pendek dari yang diharapkan akan

menurunkan efisiensi dalam mengendalikan gulma, sedangkan persistensi yang melebihi waktu yang diharapkan akan menimbulkan efek residu (Hager dan Sprague, 2003). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persistensi herbisida metolachlor dan pendimethalin pada setiap dosis dan kandungan bahan organik tanah.

Metode

Percobaan ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran kampus Jatinangor. Percobaan pertama dilaksanakan mulai Agustus 2012 sampai Oktober 2012. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah (1) benih mentimun (sebagai tanaman indikator untuk analisis bioassay), (2) pupuk TSP, Urea dan KCL dan (3) Herbisida metolachlor dan pendimethalin. Alat-alat yang digunakan berupa : Hand sprayer, Polibag diameter 35 cm, timbangan analitis, meteran dan oven.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri atas tiga faktor yaitu: Faktor pertama adalah jenis herbisida (H) yang terdiri atas dua taraf, yaitu: Metolachlor dan Pendimethalin. Faktor kedua adalah Dosis Herbisida (D) didasarkan pada dosis anjuran ($1,5 \text{ kg b.a ha}^{-1}$) kemudian dinaikkan dan diturunkan seperdua dari dosis anjuran, faktor dosis terdiri atas 5 taraf yaitu; $0,00 \text{ kg b.a ha}^{-1}$, $0,75 \text{ kg b.a ha}^{-1}$, $1,50 \text{ kg b.a ha}^{-1}$, dan $2,25 \text{ kg b.a ha}^{-1}$. Faktor ketiga adalah kandungan bahan organik tanah. Faktor kandungan bahan organik terdiri atas 5 taraf, yaitu 1.9, 4.40, 5.98, 6.24, and 12.4 % Selurunya kompos. Peubah respons yang diamati dalam percobaan ini adalah, berat kering tanaman dan konsentrasi herbisida dalam tanah secara bioassay. Persistensi herbisida dihitung menggunakan model menurut (Helling, 2010)

$$C = C_0 e^{-kk}$$

C = jumlah herbisida di dalam tanah pada waktu t,
 C_0 = Konsentrasi herbisida di dalam tanah pada $t = 0$,
 k = konstanta degradasi herbisida
 (Helling, 2010)

Tanah diambil dari lapangan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran yang merupakan lapisan permukaan atas dengan kedalaman pengambilan 20 cm. Tanah tersebut merupakan tanah yang tidak pernah terapkan dengan herbisida berdasarkan informasi dari staf pengelola kebun dan dilakukan analisis bioassay. Tanaman mentimun digunakan sebagai tanaman uji, hal ini disebabkan tanaman mentimun sangat peka terhadap herbisida metolachlor dan pendimethalin. Benih tanaman mentimun direndam sebelum ditanam sebanyak 2 benih setiap pot. Herbisida diaplikasikan menggunakan handsprayer yang sebelumnya telah dilakukan uji kalibrasi.

Hasil Dan Pembahasan

Bobot Kering Tanaman Uji

Hasil analisis sidik ragam terlihat bahwa efek interaksi antara jenis herbisida, kandungan bahan

organik dan dosis herbisida terhadap bobot kering tanaman uji pada 21, 42 dan 63 hari setelah aplikasi (HSA) tidak berbeda secara nyata. Pada Pengamatan 21 dan 42 hari setelah aplikasi (HSA) terdapat efek interaksi antara faktor dosis herbisida dengan bahan organik tanah berbeda nyata, sedangkan pada pengamatan 63 hari setelah aplikasi (HSA) hanya terdapat pengaruh kandungan bahan organik yang berbeda nyata.

Pengamatan 21 HSA (Tabel 1) memperlihatkan bahwa bobot kering tanaman sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah dan dosis herbisida. Semakin tinggi kompos yang diberikan semakin meningkat bobot kering tanaman uji, sedangkan meningkatnya dosis herbisida akan menurunkan bobot kering tanaman berapapun kandungan bahan organik yang diberikan. Tabel 1 juga memperlihatkan bobot kering tanaman tertinggi dijumpai pada perlakuan dengan kompos tanpa diaplikasi herbisida metolachlor dan pendimethalin (t_{sh1d_0} atau t_{sh2d_0}). Tingginya bobot kering tanaman uji pada perlakuan tersebut merupakan aktualisasi pertumbuhan tanaman yang tumbuh pada tanah dengan kecukupan hara yang baik. Bobot kering tanaman terendah diperoleh pada perlakuan tanah tanpa diberi bahan organik dan diberikan herbisida metolachlor atau pendimethalin dengan dosis $2,25 \text{ b.a kg ha}^{-1}$ t_{h1d_3} atau t_{h2d_3} , rendahnya bobot kering tanaman uji pada perlakuan tersebut merupakan efek penekanan oleh herbisida metolachlor dan pendimethalin terhadap pertumbuhan tanaman uji.

Tabel 1. Bobot Kering Tanaman Uji (g) pada 21 hari setelah aplikasi (HSA) akibat pemberian herbisida metolachlor dan pendimethalin berbagai dosis pada tanah berbeda kandungan bahan organik

Pemberian Kompos (T)	Dosis (D) b.a.kg ha ⁻¹			
	0,00	0,75	1,5	2,25
	----- g -----			
t_1	1,92 A b	0,07 A a	0,00 A a	0,00 A a
t_2	2,47 B c	0,61 AB b	0,00 A a	0,00 A a
t_3	2,55 B c	1,38 B b	0,18 B a	0,05 A a
t_4	2,86 B c	1,56 B b	0,4 B a	0,08 A a
t_5	2,96 B c	1,64 B b	1,08 C b	0,16 A a

Keterangan : Berdasarkan sidik ragam , HxTxD tidak berbeda nyata hanya TxD berbeda nyata (Lampiran 15).
 Angka-angka yang ditandai dengan huruf kecil yang sama arah horizontal dan huruf besar yang sama arah vertikal tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 0.05.
 Data ditransformasi dengan $\sqrt{x+0.5}$ sebelum dianalisis dengan statistika.

Dodge (1989) menjelaskan bahwa keefektifan herbisida dalam tanah akan menurun akibat adanya proses penyerapan bahan aktif herbisida oleh tumbuhan, diadsorpsi oleh bahan organik, dan didegradasi oleh mikroba tanah. Pengaruh tingginya bahan organik dalam tanah akan berpengaruh terhadap mikroorganisme, dimana bahan organik banyak mengandung sumber makanan yang dibutuhkan oleh mikroorganisme, dan bahan organik tanah ini merupakan bahan yang relatif mudah

dirombak oleh mikroorganisme tanah, terutama bahan organik yang berasal dari tanaman. Menurut Walker (1987) bahan organik dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme sehingga mempengaruhi degradasi herbisida dalam tanah.

Pengamatan 63 HSA (Tabel 3) berbeda dengan pengamatan 21 HSA (Tabel 1), dan 42 HSA (Tabel 2) dimana pada 63 HSA memperlihatkan suatu gambaran dimana meningkatnya dosis herbisida tidak akan mempengaruhi bobot kering tanaman.

Persistensi herbisida metolachlor dan pendimethalin dengan metode bioassay

Uji hayati atau *bioassay* merupakan salah satu metode untuk mendeteksi adanya herbisida pada suatu bahan yang didasarkan atas respons biologi. Secara umum uji hayati digunakan dengan maksud menentukan aktivitas biologi secara kuantitatif, karena adanya herbisida pada konsentrasi tertentu yang telah diketahui. Kurva baku hubungan konsentrasi herbisida metolachlor dan pendimethalin pada berbagai kandungan bahan organik tanah dengan respons biologi tanaman indikator disajikan pada Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Bobot Kering Tanaman Uji (g) pada 42 hari setelah aplikasi (HSA) akibat pemberian herbisida metolachlor dan pendimethalin berbagai dosis pada tanah berbeda kandungan bahan organik

Pemberian Kompos (T)	Dosis (D) b.a.kg ha ⁻¹			
	0,00	0,75	1,5	2,25
t ₁	1,41 A c	0,38 A b	0,32 A b	0,05 A a
t ₂	2,64 B a	2,17 B a	2,16 B a	2,16 B a
t ₃	2,27 B a	2,16 B a	2,14 B a	2,12 B a
t ₄	2,31 B a	2,19 B a	2,19 B a	2,17 B a
t ₅	2,36 B a	2,28 B a	2,27 B a	2,25 B a

Keterangan :

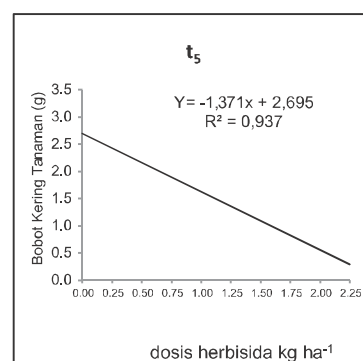
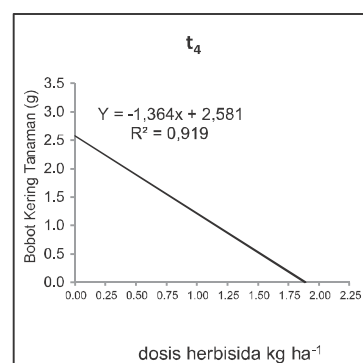
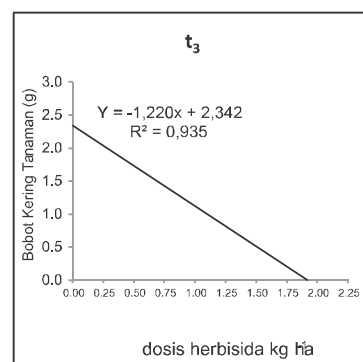
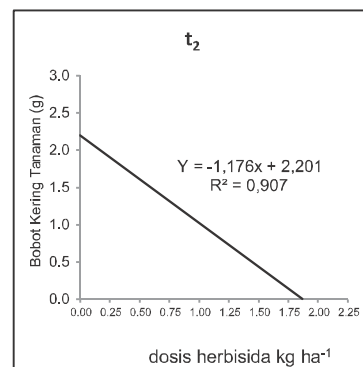
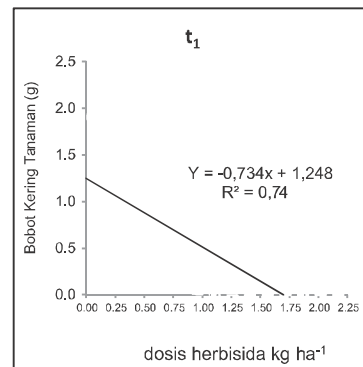
Berdasarkan sidik ragam, HxTxD tidak berbeda nyata, hanya TxD berbeda nyata (Lampiran 15). Angka-angka yang ditandai dengan huruf kecil yang sama arah horizontal setiap dua baris berurutan dan huruf besar yang sama arah vertikal pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 0.05. Data ditransformasi dengan $\sqrt{x+0,5}$ sebelum dianalisis dengan statistika.

Tabel 3. Bobot Kering Tanaman Uji (g) pada 63 hari setelah aplikasi (HSA) akibat pemberian herbisida metolachlor dan pendimethalin berbagai dosis pada tanah berbeda kandungan bahan organik

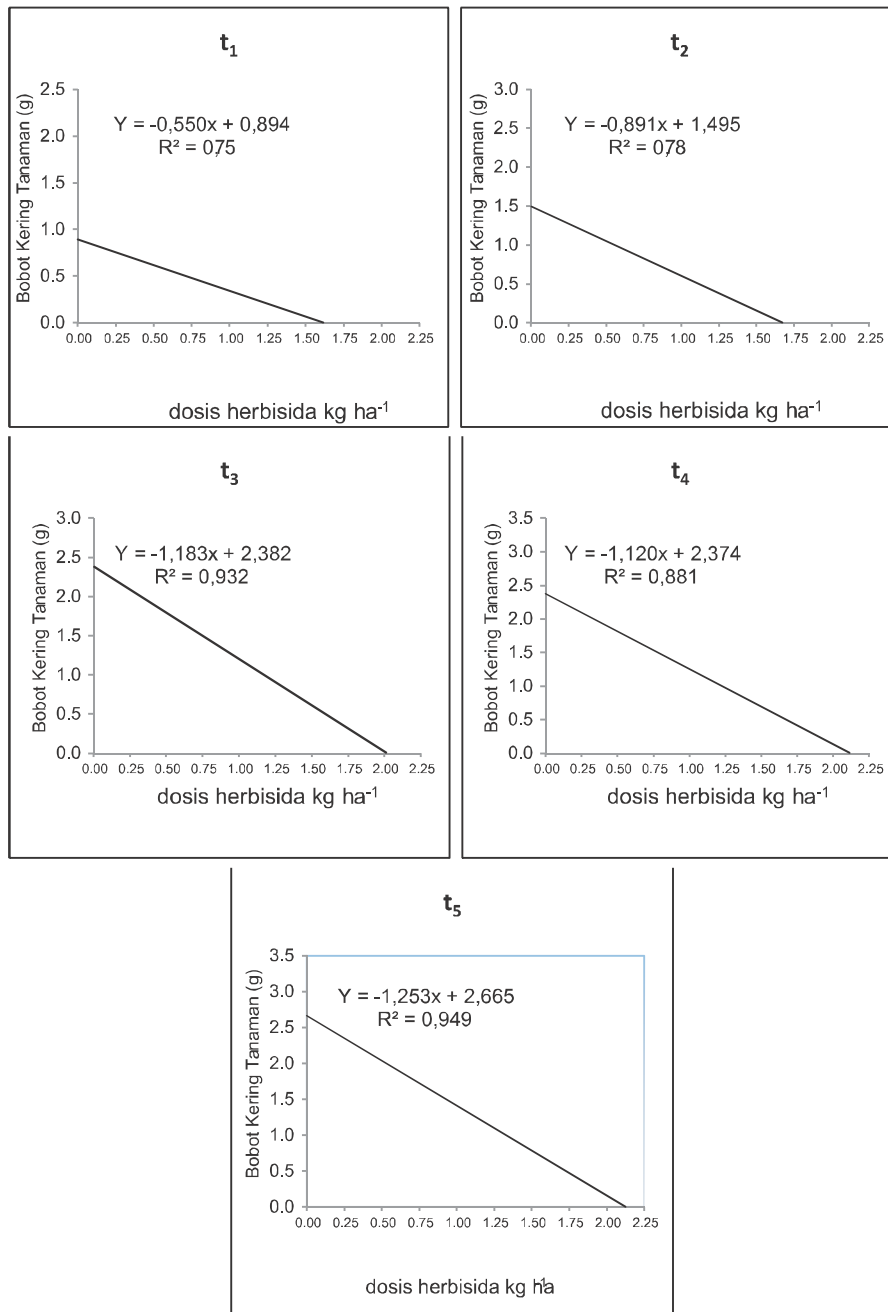
Bahan Organik (B)	Rerata T pada H dan D
t ₁	0,50 a
t ₂	0,66 a
t ₃	0,86 b
t ₄	1,32 c
t ₅	2,38 d

Keterangan:

Berdasarkan sidik ragam, HxTxD tidak berbeda nyata, hanya T berbeda nyata (Lampiran 15). Angka-angka yang ditandai dengan huruf kecil tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT 0.05. Data ditransformasi dengan $\sqrt{x+0,5}$ sebelum dianalisis dengan statistika.



Gambar 1
Kurva herbisida metolachlor pada tanah yang berbeda kandungan bahan organik



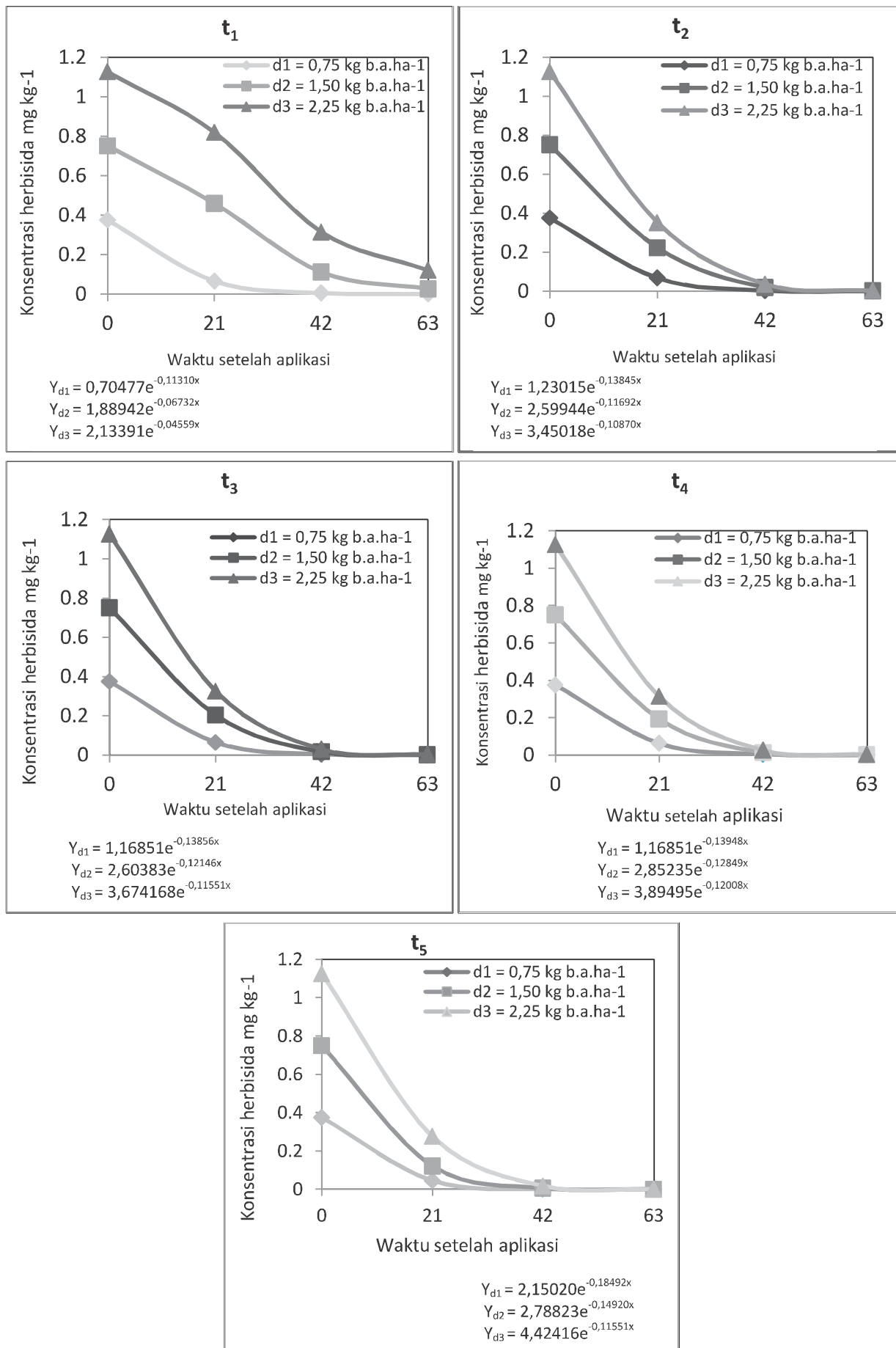
Gambar 2. Kurva herbisida pendimethalin pada tanah yang berbeda kandungan bahan organik

Gambar 1 dan 2 diatas memperlihatkan bahwa aplikasi herbisida metolachlor dan pendimethalin pada tanah tanpa pemberian kompos sudah memberikan efek penekanan yang lebih tinggi terhadap tanaman indikator dibandingkan dengan tanah yang diberikan bahan organik. Pada Gambar 5 dan 6 juga menunjukkan aplikasi herbisida dengan dosis rendah pada tanah yang tinggi bahan organik dapat menurunkan konsentrasi herbisida berbeda dengan dosis yang tinggi. Efektifitas herbisida harus dilakukan dengan peningkatan dosis herbisida.

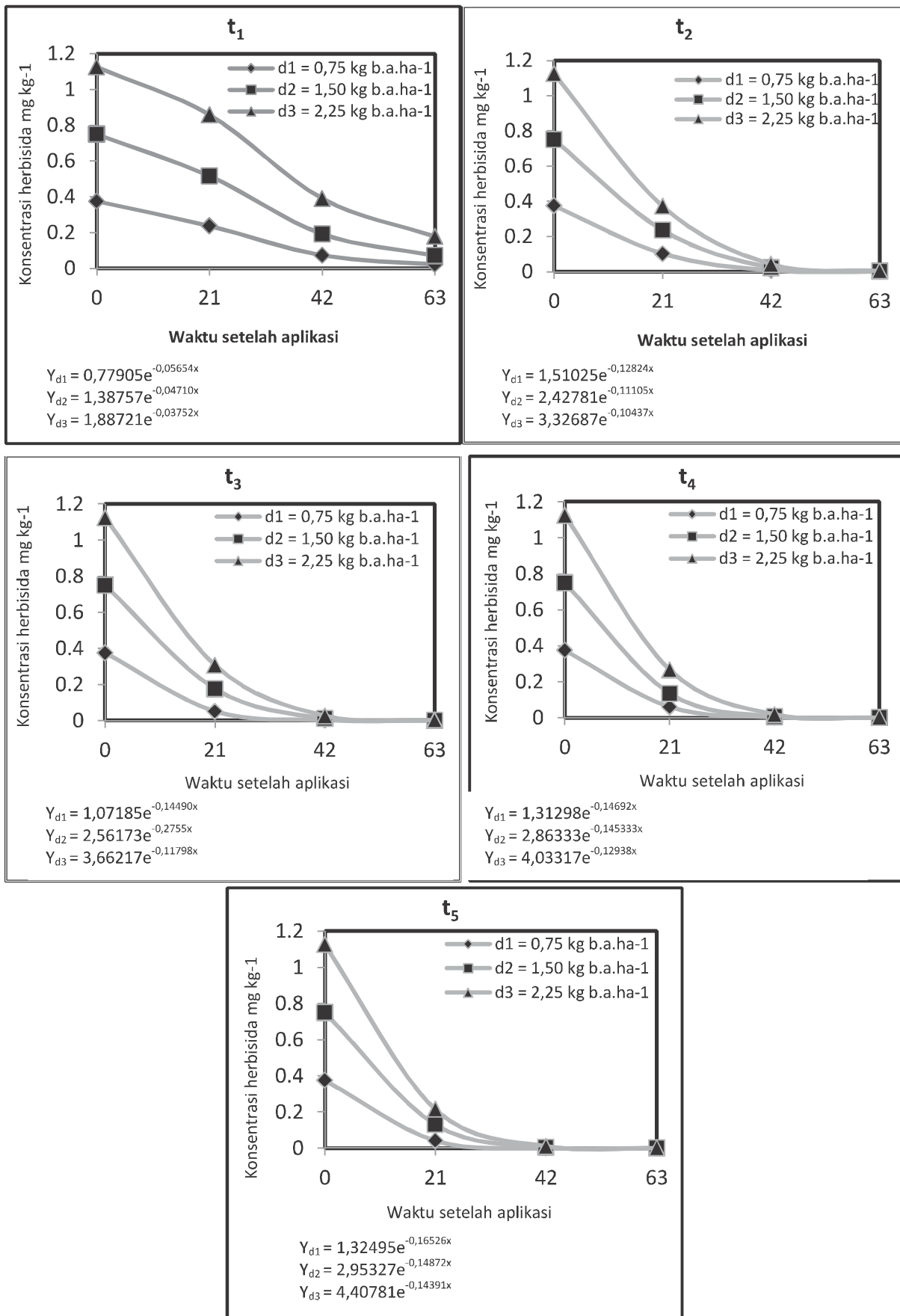
Fenomena diatas dapat dijelaskan bahwa tanah yang tinggi kandungan bahan organik akan menurunkan konsentrasi herbisida aktif dalam tanah. Menurut Kokana *et al.* (1995) perbedaan konsentrasi herbisida dalam tanah ditentukan oleh kandungan

bahan organik tanah. Hubungan antara waktu setelah aplikasi dengan konsentrasi aktif herbisida pada tanah dengan berbagai penambahan bahan organik disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 3 dan 4 menunjukkan konsentrasi aktif herbisida dalam tanah sangat ditentukan oleh dosis herbisida, jenis herbisida dan dosis kompos (kandungan C-organik tanah). Semakin tinggi dosis semakin tinggi konsentrasi herbisida dalam tanah. Tanah yang kandungan bahan organik rendah (tanpa pemberian kompos) konsentrasi aktif herbisida lebih lama dibandingkan dengan tanah yang diberikan bahan organik. Fenomena ini menunjukkan bahwa herbisida yang diberikan pada tanah yang kandungan bahan organik tinggi akan teradsorpsi oleh tanah atau lebih cepat terdegradasi oleh mikrobia tanah.



Gambar 3. Hubungan antara waktu setelah aplikasi dengan konsentrasi herbisida metolachlor secara hayati pada tanah berbeda bahan organik



Gambar 4. Hubungan antara waktu setelah aplikasi dengan konsentrasi herbisida pendimethalin secara hayati dalam tanah berbeda kandungan bahan organik

Perbedaan konsentrasi herbisida di dalam lapisan tanah sangat dipengaruhi oleh perbedaan sifat kimia dan biologi (kandungan bahan organik tanah). Pendapat tersebut sejalan dengan hasil penelitian bahwa tanah dengan kandungan bahan organik tinggi akan lebih menurunkan konsentrasi aktif herbisida dalam tanah. Beberapa hasil penelitian juga menunjukkan bahwa bioktivitas herbisida yang ada dalam larutan tanah akan menurun dengan meningkatnya bahan organik tanah (Weiping, 1995; Wu *et al.*, 2011).

Tabel 4 juga memperlihatkan bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik semakin rendah persistensi herbisida metolachlor dan pendimethalin dalam tanah. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat ditentukan bahwa persistensi herbisida tertinggi terdapat pada tanah tanpa penambahan bahan organik. Gambaran diatas menunjukkan bahwa bahan organik berpengaruh terhadap persistensi herbisida. Penambahan bahan organik akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah, sehingga dapat mempercepat dekomposisi herbisida oleh mikroorganisme tanah. Rendahnya waktu paruh kedua herbisida tersebut akibat pemberian kompos disebabkan oleh degradasi oleh mikroba tanah. Tanah yang kandungan bahan organik tinggi mempunyai aktivitas biologi yang tinggi juga. Herbisida yang diberikan pada tanah kemungkinan besar digunakan sebagai sumber energi oleh mikroba yang ada dalam tanah (Dodge, 1989).

Tabel 4. Waktu paruh dan konstanta laju degradasi herbisida metolachlor dan pendimethalin berbagai dosis pada tanah yang berbeda kandungan bahan organik dengan metode bioassay

Perlakuan			Konstanta (k)	DT ₅₀
Herbisida	Bahan Organik	Dosis kg a ⁻¹		
Metolachlor	t ₁	0,75	0,11310	5,65
		1,50	0,06732	9,49
		2,25	0,04559	14,02
	t ₂	0,75	0,13845	4,62
		1,50	0,11692	5,47
		2,25	0,10870	5,88
	t ₃	0,75	0,13856	4,61
		1,50	0,12146	5,26
		2,25	0,11551	5,53
	t ₄	0,75	0,13948	4,58
		1,50	0,12849	4,97
		2,25	0,12008	5,49
	t ₅	0,75	0,18492	3,46
		1,50	0,14920	4,28
		2,25	0,12551	5,25
Pendimethalin	t ₁	0,75	0,05654	11,30
		1,50	0,04710	13,57
		2,25	0,03752	17,03
	t ₂	0,75	0,12824	4,98
		1,50	0,11105	5,75
		2,25	0,10437	6,12
	t ₃	0,75	0,14490	4,41
		1,50	0,12755	5,01
		2,25	0,11798	5,42
	t ₄	0,75	0,14692	4,35
		1,50	0,14533	4,40
		2,25	0,12938	4,94
	t ₅	0,75	0,16526	3,87
		1,50	0,14872	4,30
		2,25	0,14391	4,44

Berdasarkan nilai rata-rata tersebut dapat ditentukan bahwa persistensi herbisida tertinggi terdapat pada tanah tanpa penambahan bahan organik. Gambaran diatas menunjukkan bahwa bahan

organik berpengaruh terhadap persistensi herbisida. Penambahan bahan organik akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah, sehingga dapat mempercepat dekomposisi herbisida oleh mikroorganisme tanah. Rendahnya waktu paruh kedua herbisida tersebut akibat pemberian kompos disebabkan oleh degradasi oleh mikroba tanah. Tanah yang kandungan bahan organik tinggi mempunyai aktivitas biologi yang tinggi juga. Herbisida yang diberikan pada tanah kemungkinan besar digunakan sebagai sumber energi oleh mikroba yang ada dalam tanah (Dodge, 1989).

Rata-rata DT₅₀ herbisida metolachlor pada berbagai tanah dengan kandungan bahan organik berbeda adalah 5,90 hari, sedangkan pendimethalin sebesar 6,65 hari. Berdasarkan nilai tersebut dapat ditentukan bahwa pendimethalin lebih persisten dibandingkan dengan metolachlor. Tingginya persistensi herbisida pendimethalin disebabkan oleh perbedaan karakteristik kedua herbisida tersebut. Metolachlor merupakan herbisida yang mempunyai nilai daya larut yang tinggi bila dibandingkan dengan pendimethalin. Menurut Curran (1998) daya larut herbisida dalam air dapat menentukan potensi pencucian. Pencucian terjadi apabila herbisida terlarut dalam air dan bergerak ke bawah melalui profil tanah, sedangkan herbisida yang mempunyai daya larut rendah akan sangat kuat diadsorbsi oleh koloid tanah, dan kurang tercuci sehingga memiliki potensi persistensi yang lebih panjang.

Kesimpulan

Semakin tinggi dosis herbisida semakin tinggi persistensi herbisida dan semakin tinggi dosis bahan organik, semakin rendah persistensi herbisida metolachlor dan pendimethalin. Persistensi tertinggi kedua herbisida tersebut diperoleh pada perlakuan tanpa pemberian kompos.

Daftar Pustaka

- Anderson. P.W. 1996. *Weed Science Principle*. West Publishing Co. USA.
- Cornel University. 2004a. *Profile herbicide metolachlor*. Available at <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/herb-growthreg/fatty-alcohol-monuron/metolachlor/herb-prof-metolachlor.html> (diakses Januari 2006).
- Curran. W.S. 1998. *Persistence of herbicide in soil*. Available at <http://www.cas.psu.edu>. Herbisida. diakses Mai 2011.
- Dodge, A. D. 1989. *Herbicide and plant metabolism*. society for experimental biology seminar series. cambridge university press.
- Greatvista, C. 2005. *Herbicide Metolachlor*. Available at <http://www.greatvistachemicals.com/agrochemicals/metolachlor.html> (diakses Januari 2006).
- Hager, A.G and C.L. Sprague. 2002. *Faktor effecting herbicide persistence*. Illinois Agricultural Pest Management Handbook. University of Illinois.
- Hager, A.G and C.L. Sprague. 2003. *Herbicide persistence and how to test for residues in soils*. Illinois Agricultural Pest Management Handbook University of Illinois. Urbana, IL
- Hager, A.G and C.L. Sprague. 2003. *Herbicide persistence and how to test for residues in soils*. Illinois Agricultural Pest Management Handbook University of Illinois. Urbana, IL
- Kokana, R. S. S. Baskaran, and R. Naidu. 1998. *Pesticide fate and behaviour in Australia in Relation to contamination and management of soil and water a review*. Aust. J. Soil Res 36: 75-81.

- Monk, C.D., dan P.A. Banks. 1993. *Effect of tillage on the efficacy and persistence of clomazone in soybean (Glycine max)*. Weed.Sci. 37:217-222.
- Muller, T. C., D. R. Shawn, and W.W. Witt. 1999. *Relative dissipation of acetochlor, alachor, metolachlor nad SAN 582 from three surface soils*. Weed Technol. 13:341-346.
- OMAFRA. 2002. *Guide to Weed Control 2002*, Publication 75, Toronto. Canada: OMAFRA. P. 84-90.
- Rao, V. S. 2000. *Principle Of Weed Science 2nd Eds*. Science Publisher, Inc. USA.
- Seybold, C.A. and W. Mersie. 2002. *Metolachlor fate and mobility in a tidal wetland*. Oregon State University Available at <http://www.sws.org/wetlands/abstracts/volume19n1/seibold.html>.
- Vencill, W.K., K. Ambrust, H.G. Hancock, D. Johnson, G. McDonald, D. Kinter., F. Lichtner, H. McLean, J. Reynold, D. Rushing, S. Senseman, and D. Wauchope. 2002. *Herbicide handbook*. 8th Eds. Weed Sci. Soc. Am. Lawrence, KS.
- Weiping, L. 1995. *Contribution of organic matter to metolachlor adsorbtion on some soil*. Journal of Environmental Science Vol. 7 No 1. Pp 121-125.
- Wu, X.M., M. Li, Y.H. Long, R.X. Liu, Y.L. Yu, H. Fang and S.N. Li. 2011. *Effect of adsorption on degradation and bvioavaibility of metolachlor in soil*. J. Soil Sci. and Plant Nutrition. 11 (3). Pp. 83-97.
- Walker, 1987. *Herbicide persistence in soil*. Rev. Weed Sci. 3:1-17.