

II. TINJAUAN PUSTAKA

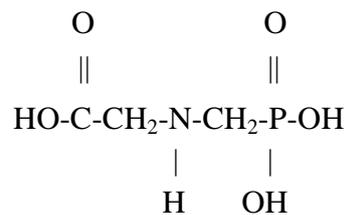
A. Tanah Andisol

Istilah Andisol berasal dari bahasa Jepang Ando yang berarti “hitam atau kelam”. Tanah Andisol adalah tanah yang berwarna hitam kelam, sangat sarang (*very porous*) mengandung bahan organik dan lempung (*Silt*) tipe amorf, terutama alofan. Ciri morfologinya, horizon Al yang tebal berwarna kelam, coklat sampai hitam, sangat porous, sangat gembur, tak liat, tak lekat, struktur remah atau granular, terasa berminyak karena mengandung bahan organik 8-30% dengan pH 4,5-6. Sifat fisika dan kimia tanah Andisol, mempunyai kejenuhan basa rendah, kapasitas tukar kation dan KTA tinggi, mengandung C dan N tinggi nisbah C/N rendah, kadar P rendah karena terfiksasi kuat, sukar mengalami peptisasi, berat jenis kurang dari 0,85 dan kapasitas lapang kelengasan tanah lebih dari 15%. Tanah Andisol mempunyai sifat fisik : mempunyai daya pengikatan air sangat tinggi, selalu jenuh air tertutup vegetasi, sangat gembur tetapi mempunyai derajat ketahanan struktur yang rendah sehingga mudah diolah, dan permeabilitas sangat tinggi karena mengandung banyak makro pori (Darmawijaya, 1992).

B. Perilaku Herbisida Glifosfat di dalam Tanah

Rumus kimia Glifosfat adalah $C_3H_8NO_5P$ atau dapat ditulis sebagai bentuk ion $COOH-CH_2-NH_2^+-CH_2-HPO_3^-$ (Knuuttila, 1985) dan mempunyai struktur kimia seperti Gambar 1, serta mempunyai bobot molekul 169,07. Bentuk fisiknya berupa bubuk (*powder*), berwarna putih, mempunyai bobot jenis $0,5 \text{ g cm}^{-3}$ dan kemampuan larut dalam air 1,2 % (Beste, 1983).

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



Gambar 1. Struktur kimia glifosfat (Beste, 1983)

Penggunaan herbisida glifosfat 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 pascatumbuh untuk memberantas gulma melalui daun, dan kedua herbisida pratumbuh untuk mematikan biji gulma yang sudah berkecambah di atas tanah (Suwardji, 2001).

Pada skala laboratorium, adsorpsi glifosat oleh tanah pernah diteliti oleh Hance (1976). Dalam 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 menitik beratkan pada adsorpsi, mobilisasi dan kecepatan inaktifasinya di dalam tanah.

C. Peran Mikroorganisme Tanah dalam Mendegradasi Residu Herbisida Glifosat secara Biologis

Mikroorganisme yang mempengaruhi tanah dikelompokkan menjadi bakteri, aktinomisetes, jamur, alga, dan protozoa (Rao, 1994). Dari kelompok tersebut yang paling dominan dalam tanah adalah bakteri yang dalam setiap gram tanah densitas bakteri mencapai 10^6 - 10^9 . Umumnya jumlah bakteri melimpah pada permukaan tanah dan semakin berkurang kearah semakin dalam dari permukaan

tanah dan semakin berkurangnya bahan organik yang terkandung dalam tanah (Ma'shum, 2003).

Mikroorganisme tanah memegang peranan penting pada siklus hara, karena mikroorganisme tidak hanya merombak bahan organik kompleks tetapi juga mengubah menjadi senyawa yang dapat digunakan tanaman bagi pertumbuhannya (Volk dan Wheeler, 1990 dalam Arimurti, 1997).

Ciri utama bakteri adalah bersel satu yang merupakan bentuk kehidupan terkecil yang dikenal; berukuran 0,5-2,0 μm , tidak berklorofil (meskipun ada kecualinya). Umumnya bakteri memperbanyak diri dengan cara membelah diri. Perkembangan biakan bakteri tergantung dari persediaan makanan, persaingan dengan mikroorganisme lain, dan faktor-faktor lingkungan (Soepardi, 1983). Bentuk sel bakteri terdiri atas bulat, batang, spiral (Buckman dan Brady, 1982 dan Hakim dkk., 1986). Bentuk sel bakteri juga dapat dipengaruhi oleh umur dan syarat pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami involusi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan faktor makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri. Selain itu dapat mengalami pleomorfi, yaitu bentuk yang bermacam-macam dan teratur walaupun ditumbuhkan pada syarat pertumbuhan yang sesuai. Umumnya bakteri berukuran 0,5-10 μ .

Bakteri merupakan mikrobia prokariotik uniselular, termasuk kelas Schizomycetes, berkembang biak secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak berklorofil kecuali beberapa yang bersifat fotosintetik. Cara hidup bakteri ada yang dapat hidup bebas, parasitik, saprofitik, patogen pada manusia, hewan

dan tumbuhan. Habitatnya tersebar luas di alam, dalam tanah, atmosfer (sampai 10 km di atas bumi), di dalam lumpur, dan di laut.

Bakteri tanah dibedakan menjadi 2 kelompok berdasarkan sumber energi yaitu (1) Autotrof, yaitu memperoleh energi dari oksidasi mineral dan karbon yang diperoleh dari CO₂ dan (2) Heterotrof, yaitu memperoleh energi dari bahan organik (Hakim dkk., 1986). Berdasarkan kebutuhannya akan oksigen, bakteri dibedakan menjadi tiga yaitu aerob, anaerob, dan anaerob fakultatif (Alexander, 1977).

Bakteri berperan penting dalam merubah bahan organik, ia memonopoli reaksi enzimatik, seperti nitrifikasi, oksidasi bakteri, dan fiksasi nitrogen. Peranan bakteri ini sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti kelembaban, oksigen, suhu (optimum 21-38⁰C), bahan organik, pH dan kalsium dapat ditukar (Brady, 1974 dan Hakim dkk., 1986).

Mikroorganisme sangat berperan dalam proses degradasi herbisida. Adapula degradasi di dalam tanah oleh bukan mikroorganisme atau disebut dengan istilah degradasi nonbiologis. Tidak berfungsinya herbisida yang telah berada di dalam tanah karena mengalami degradasi secara biologis maupun persisten di dalam tanah (Moenandir, 1988).

Berdasarkan hasil penelitian Araujo *et al.* (2003) bahwa tanah yang sudah diaplikasikan glifosat untuk beberapa tahun memiliki respon tinggi terhadap aktivitas mikroorganisme. Setelah tanah diinkubasi selama 32 hari dengan metode MPN (*Most Probable Number*) hasilnya menunjukkan bahwa jumlah

actinomycetes dan fungi meningkat. Selanjutnya, metabolisme Glifosat *Aminomethyl Phosphonic Acid* (AMPA) dideteksi dengan *High Pressure Liquid Chromatography* (HPLC) menunjukkan bahwa glifosat terdegradasi oleh mikroorganisme tanah.

D. Pengaruh Bahan Organik, dan Kapur (CaCO_3) terhadap Aktivitas Mikroorganisme

Bahan organik merupakan bahan penting dalam menciptakan kesuburan tanah, baik secara fisika, kimia maupun dari segi biologi tanah. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat tanah yang tiada taranya. Bahan organik merupakan sumber energi dari sebagian besar organisme tanah yang berpengaruh pada peningkatan jumlah dan aktivitas metabolik organisme tanah, serta peningkatan dekomposisi bahan organik (Anas, 1990).

Nursyamsi dkk. (1996) menyatakan bahwa bahan organik adalah sumber energi bagi mikroorganisme tanah, semakin banyak bahan organik yang ditambahkan semakin tinggi populasi dan aktivitas mikroorganisme. Aktivitas dan populasi mikroba di dalam tanah dibatasi oleh sumber daya tanah.

Frashe dan Anderson (1983) dalam Dermiyati (1997) menyatakan bahwa laju metabolisme residu pestisida oleh mikroorganisme tanah ditentukan oleh: ketersediaan bahan organik bagi mikroorganisme dalam tanah atau system enzim yang dapat mendegradasinya; jumlah atau besarnya populasi mikroorganisme atau sistem enzimnya; level aktivitas mikroorganisme atau sistem enzim.

Sutedjo dkk. (1991), menyatakan bahwa pemberian bahan organik ke dalam tanah Ultisol akan memperbaiki keadaan biologi tanah. Bahan organik menjadi medium yang lebih baik bagi perkembangan system perakaran dan bagi perkembangan mikroorganisme essensial bagi proses dalam tanah.

Pemberian kapur ke dalam tanah bertujuan untuk memperbaiki sifat fisik tanah, kimia tanah dan biologi tanah (Hakim dkk., 1986). Pengapuran dapat menetralkan kemasaman tanah (meningkatnya pH tanah, menurunkan Al dapat ditukar (Al-dd) dan kejenuhan Al serta meningkatkan ketersediaan unsur-unsur hara bagi tanaman. Pengaruh kapur terhadap biologi tanah adalah pada saat naiknya pH tanah, dan tersedianya beberapa unsur hara yang dibutuhkan oleh mikroba, dan tersediannya unsur hara maka aktivitas dan populasi organisme meningkat (Hakim dkk.,1986)

E. Pengaruh Residu Herbisida terhadap Populasi Mikroorganisme

Aplikasi herbisida dapat meningkatkan ketersediaan hara secara simultan akan menurunkan total N dan hara lainnya (Hudska, 1990 *dalam* Afra, 2001). Di lain pihak herbisida dikatakan pula menurunkan populasi dan aktivitas mikrobia tanah namun efek yang secara aktif adalah terhadap peningkatan kelembaban tanah. Semakin banyak kandungan unsur-unsur toksik yang ada di dalam tanah akibat pemberian herbisida yang relatif tahan terhadap biodegradasi akan sangat menghambat fungsi biodegradasi dari mikroorganisme dan bahkan dapat membunuh mikroorganisme yang ada di dalam tanah itu sendiri (Moenandir, 1988).

Arti penting residu herbisida dalam tanah dinyatakan oleh Edwards (1973), ada empat kemungkinan pengaruh herbisida terhadap organisme hidup dalam tanah yaitu : (1) secara langsung bersifat racun terhadap kehidupan organisme di dalam tanah ; (2) mempengaruhi organisme tersebut secara genetik sehingga menghasilkan populasi yang resisten terhadap pestisida ; (3) memiliki pengaruh yang menyebabkan perubahan dalam perilaku/perubahan dalam aktivitas metabolik atau reproduktif ; (4) Masuk kedalam tubuh fauna dan flora tanah dan diteruskan ke organisme lainnya.

Devlin dkk. (1992) menjelaskan lamanya suatu herbisida tetap aktif di dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu: dekomposisi mikrobial, dekomposisi kimia, adsorpsi tanah, volatilisasi, photodekomposisi, pertumbuhan serta metabolisme, dan aliran permukaan. Dekomposisi herbisida oleh mikroba di dalam tanah dapat berlangsung secara aerob dan anaerob, tetapi mayoritas mikroba pendegradasi herbisida bersifat aerob (Devlin dkk., 1992). Molekul herbisida dalam larutan tanah dapat diadsorpsi atau dimetabolisme oleh mikroorganisme, karena herbisida menyediakan sumber karbon bagi mikroorganisme sehingga mempercepat proses dekomposisi herbisida di dalam tanah (Moenandir, 1988).