

BIODEGRADASI PESTISIDA BERBAHAN AKTIF PROFENOFOS DENGAN METODE *LAND FARMING* MENGGUNAKAN *Streptomyces sp.*

Miska Alemina Ginting¹⁾, Aryo Sasmita²⁾, Elvi Yenie²⁾

1)Mahasiswa Jurusan Teknik Kimia 2)Dosen Pembimbing Teknik Kimia
Program Studi Teknik Lingkungan S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru, Panam,
Pekanbaru 28293

Email : miskaaleminaginting@gmail.com

ABSTRACT

Profenofos an organophosphate insecticide, has been widely used for control insect pests. Bioremediation is one of the treatments to reduce residue of profenofos in soil . This result aims to know the profenofos bioremediation abilities of Streptomyces sp. in soil sample and to know the efficiency of profenofos degrading in variation factors of Streptomyces sp and compare with the quality standards of Department of Environment and Conservation regulation. The fixed variable used in this study is initial concentration of profenofos is 100 mg/kg soil, aerated every 7 days, and added distilated water every 14 days. The changeable variable used different concentration of Streptomyces sp. consists of variations in soil was 0 ml/kg (control), 10 ml/kg, 20 ml/kg . Based on the results of the research after 21 days incubation, Streptomyces sp. abled to remove profenofos in soil and the maximum degradation efficiency was added 20 ml/kg Streptomyces sp. in soil which was 96.21 % . For others efficiency was 95.759 % which added 10 ml/kg and 93.54 % as control.

Keywords: *Pesticide, Profenofos, degradation, bioremediation, Streptomyces sp.*

1. PENDAHULUAN

Untuk memenuhi kebutuhan pangan dalam menghadapi globalisasi dan liberalisasi ekonomi dibutuhkan berbagai potensi dalam meningkatkan faktor produksi. Berbagai inovasi teknologi telah dihasilkan baik oleh institusi penelitian dan pengembangan pertanian maupun hasil olah kearifan lokal dari segenap potensi masyarakat. Salah satu sentuhan teknologi dalam bidang pertanian adalah pengendalian hama pengganggu secara kimia menggunakan pestisida. Cara ini dinilai cukup mudah bagi para petani dalam melindungi tanamannya dari serangan hama. Hal ini ditandai dengan berbagai kasus yang terjadi di dunia pertanian (Rencana Strategis Kementerian Pertanian 2015 – 2019).

Djojosumarto (2008) dalam Nugroho *et al.* (2015) menyatakan,

bahwa pestisida golongan organofosfat merupakan pestisida yang paling efektif memberantas hama dan mudah diperoleh di pasaran. Profenofos merupakan salah satu insektisida golongan organofosfat yang paling banyak digunakan untuk membasmi hama pada lahan pertanian, pertanian sayuran, dan buah-buahan (Kuswaha *et al.* 2016).

Penggunaan pestisida secara luas dapat menyebar ke lingkungan sekitar yang masuk ke media (air, tanah dan udara). Di Indonesia penggunaan profenofos juga banyak digunakan untuk kegiatan pertanian. Hal ini terbukti terdeteksinya residu profenofos di berbagai hasil pertanian. Di desa Candi Kecamatan Bandungan, buah tomat terdeteksi mengandung residu insektisida profenofos.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mendegradasi pestisida agar tidak membahayakan bagi lingkungan maupun manusia dan sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan faktor produksi yaitu dengan mencegah matinya mikroflora pada tanah.

Pada penelitian ini jenis pestisida yang akan didegradasi ialah pestisida golongan organofosfat berbahan aktif profenofos dan proses degradasi dilakukan pada sampel tanah uji yang telah dicemari pestisida. Sampel uji pada media tanah dipilih karena residu pestisida pada tanah menimbulkan sejumlah masalah lingkungan, yang dapat terserap melalui sistem perakaran pada tanaman dan mencemari air tanah yang dapat membahayakan organisme maupun mikroorganisme sekitar.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Degradasi didefinisikan sebagai transformasi atau pemecahan senyawa (substrat) kompleks menjadi produk yang lebih sederhana. Biodegradasi melibatkan reaksi biologis yang dapat memodifikasi struktur kimia dari suatu senyawa (Fernandez, *et al.*, 2012). Bioremediasi merupakan bagian dari bioteknologi lingkungan yang memanfaatkan proses degradasi melalui aktivitas makhluk hidup yang dapat memulihkan lahan tanah, air dan sedimen dari kontaminan (Atlas dan Bartha, 1998 dalam Akhmaisya, 2006).

3. METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan

3.1.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, labu erlenmeyer, batang pengaduk, gelas kimia, gelas ukur, neraca analitik, pipet tetes, autoklaf, ph meter, termometer, *soil moisture*, *sprayer*, *oven*, desikator, timbangan, saringan *nylon* dengan mesh 2 mm. Wadah bioremediasi yang

digunakan adalah *polybag* yang berukuran 35 x 20 cm.

3.1.2 Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah pertanian yang rutin menggunakan pestisida, isolat *Streptomyces* sp. dan pestisida organofosfat berbahan aktif profenofos merk Curacron 500EC, aluminium foil, alkohol dan *aquadest*.

3.1.3 Instrumentasi

Instrumentasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu Kromatografi Gas-Spektrofotometer Massa (KG-MS).

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2, yaitu variabel tetap dan variabel berubah. Variabel tetap pada penelitian ini adalah sampel tanah diambil dari sumber yang sama sehingga konsentrasi pestisida pada masing-masing sampel sama. Pembalikan dilakukan setiap satu minggu sekali (Arumsari, 2012). Penyiraman dilakukan setiap 2 minggu sekali, untuk mensuplai air pada tanah. Dimana air berfungsi sebagai sebagai penopang aktivitas mikroba dalam merombak unsur hara, sebagai pembawa oksigen terlarut ke dalam tanah, sebagai stabilisator temperatur tanah dan sebagai pelarut pestisida (Hanafiah, 2015). Temperatur tanah dijaga 18 – 30 °C karena laju aktivitas biota tanah yang menguntungkan terjadi pada temperatur tersebut. Waktu bioremediasi yaitu selama 21 hari.

Variabel bebas pada penelitian ini yaitu variasi konsentrasi *Streptomyces* sp. 10 ml/kg dan 20 ml/kg dan kontrol (Fuentes *et al.* 2011).

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari beberapa tahap sebagai berikut.

3.2.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan meliputi persiapan Pengambilan Sampel Tanah Tercemar Pestisida, *Pre-treatment* Sampel Tanah, Uji Karakteristik Sampel Tanah Awal, Pembuatan Sampel Tanah Tercemar Pestisida.

1. Pengambilan Sampel Tanah Tercemar Pestisida

Sampel tanah diperoleh dari lahan pertanian produktif dan terus-menerus menggunakan pestisida yang berlokasi di desa Mulia Rakyat Kecamatan Merek Kabupaten Karo. Sampel tanah yang diambil ialah pada lapisan permukaan tanah (*top soil*) dengan kedalaman 5 – 15 cm sebanyak 2000 gram (2 kg) secara manual menggunakan cangkul dan sekop kemudian dimasukkan kedalam wadah. Sampel tanah diangkut ke laboratorium, dibebaskan dari serpihan dan bahan bukan tanah, dikeringanginkan, dan disaring untuk dilakukan analisis lebih lanjut (Rahmansyah, 2009).

2. Pre-treatment Sampel Tanah

Tanah dari masing-masing titik pengambilan sampel kemudian dicampur dan diayak dengan saringan 10 mesh (2 mm) untuk mendapatkan bahan yang homogen. Untuk menghindari terjadinya kontaminasi dari bahan lain, sampel tanah dimasukkan ke dalam karung (US-EPA, 2007).

3. Uji Karakteristik Sampel Tanah Awal

Sebelum aplikasi bioremediasi, dilakukan pengukuran pH, temperatur, dan kandungan unsur hara tanah yang meliputi (C-organik, N-total, rasio C/N, dan kadar air). Untuk itu dalam aplikasi bioremediasi perlu dilakukan pengukuran kualitas sampel tanah (C-organik, N-Organik). Dari data awal tersebut, dapat diketahui parameter yang dapat disesuaikan dengan parameter-parameter acuan untuk mendapatkan kondisi lingkungan yang optimum untuk proses bioremediasi.

Uji karakteristik awal, kandungan unsur hara (C-organik, N-total, rasio C/N, dan kadar air) pada sampel tanah yang akan diremediasi dilakukan di laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Riau.

4. Pembuatan Sampel Tanah Tercemar Pestisida

Sampel tanah yang digunakan adalah tanah pertanian. Berdasarkan hasil uji karakteristik sampel tanah awal, tidak terdeteksi adanya pestisida berbahan aktif profenofos. Oleh karena itu, sampel tanah tercemar profenofos dilakukan secara *artifisial*. Dimana tanah akan dicemari dengan penambahan pestisida berbahan aktif profenofos yang dituang ke tanah kemudian dilakukan pengadukan agar proses penyebaran terjadi secara merata. Kemudian sampel tanah tersebut disesuaikan konsentrasinya dengan perlakuan yang diinginkan yaitu dengan konsentrasi **100 mg/kg** tanah sebanyak 9 wadah.

5. Persiapan Bahan dan Peralatan Penelitian

Persiapan inokulum dilakukan pada Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Universitas Riau. Dimana Inokulum ditumbuhkan pada media *Yeast Malt Broth* (YMB) selama 7 hari.

Pada tahap persiapan percobaan ini dipersiapkan wadah sebanyak 9 wadah. Wadah yang digunakan terbuat dari bahan plastik (*polybag*) dengan kedalaman yang dangkal karena proses bioremediasi diatur dalam kondisi aerobik.

3.2.2 Tahap Penelitian

Prosedur kerja penelitian utama pada penelitian ini mengikuti prosedur percobaan pada penelitian bioremediasi tanah yang tercemar oleh pestisida (Aparacio.dkk, 2018).

1. Dimasukkan 1 kg sampel tanah yang telah tercemar pestisida. Masing-masing wadah ditambahkan air dengan sehingga kadar air mencapai 20 % (Benimeli *et al*, 2008).
2. Tanah yang terkontaminasi diinokulasikan isolate *Streptomyces* sp. dengan variasi 10, 20 ml/kg tanah pada masing-masing wadah. *Streptomyces* sp. dan sampel tanah dicampur aduk sepenuhnya untuk

distribusi keseragaman pada sampel tanah uji (Benimeli *et al*, 2008).

3. Pengukuran temperatur, kelembapan dan pH tanah uji dilakukan setiap hari.
4. Air ditambahkan pada masing-masing wadah untuk menjaga kelembapan (Benimeli *et al*, 2008).
5. Analisis residu profenofos diuji setiap 7 hari sekali dan kandungan (C-organik, N-total, rasio C/N, pH, temperatur, dan kadar air), diuji pada akhir penelitian (hari ke- 21).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penyisihan Residu Pestisida Dengan Proses Bioremediasi

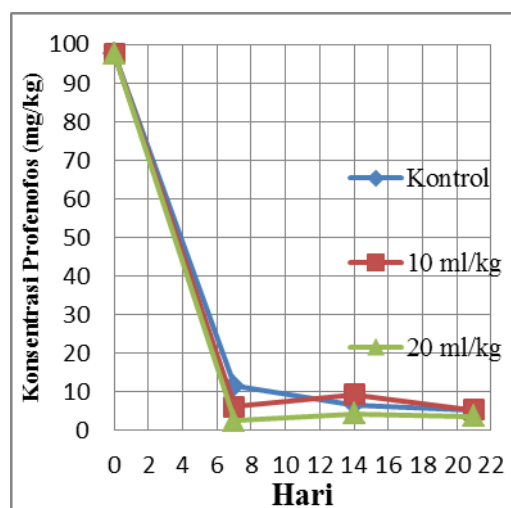
Kemampuannya untuk mendegradasi profenofos ditentukan berdasarkan hasil analisis menggunakan kromatografi gas- spektrofotometer massa, dengan periode pengecekan setiap 7 hari sekali selama 21 hari. Konsentrasi profenofos yang ditambahkan pada masing-masing media adalah sama yaitu sebanyak 2 ml, untuk mencapai konsentrasi profenofos 100 mg/kg tanah. Setelah dilakukan pengujian menggunakan kromatografi, hasil uji konsentrasi profenofos pada tanah terdeteksi sebesar 97, 690 mg/kg dalam arti mendekati angka 100. Konsentrasi pestisida profenofos pada masing-masing variabel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Uji Residu Profenofos

| NO | Hari ke- | Konsentrasi Residu Profenofos Pada Media Tanah (mg/kg) | | |
|----|----------|--|----------|----------|
| | | Kontrol | 10 ml/kg | 20 ml/kg |
| 1 | 0 | 97,690 | 97,690 | 97,690 |
| 2 | 7 | 11,424 | 6,132 | 2,399 |
| 3 | 14 | 6,593 | 9,249 | 4,241 |
| 4 | 21 | 5,162 | 5,291 | 3,719 |

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Pusat Promosi dan Sertifikasi Hasil Pertanian DKI Jakarta Tahun 2019

Tabel 4.2 di atas memperlihatkan bahwa setelah proses remediasi selama 21 hari, konsentrasi profenofos yang tersisa yaitu 6,46 mg.kg (93,54%) untuk media tanpa penambahan *Streptomyces* sp. dan 4,241 mg/kg (95,76%) untuk penambahan 10 ml *Streptomyces* sp. Sedangkan untuk media yang ditambahkan 20 ml *Streptomyces* sp. residu profenofos yang tersisa ialah sebesar 3,719 mg/kg (96,21%). Kurva degradasinya dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kurva Degradasi Profenofos Oleh *Streptomyces* sp. dan Tanpa Penambahan *Streptomyces* sp.

Konsentrasi residu pestisida mengalami penurunan mencapai 3,719 mg/kg, lima kali lipat dibandingkan penurunan pada media kontrol. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Hopwood, 2006) bahwasanya *Streptomyces* sp. merupakan inokulum yang cocok digunakan dalam penyisihan pestisida karena kemampuan pertumbuhannya yang relatif cepat, bermiselium, dapat mengubah senyawa toksik melalui reaksi biologis.

Pada hari ke 14 selama penelitian, terjadi peningkatan

konsentrasi profenofos pada tanah untuk kedua masing-masing media yang dilakukan penambahan *Streptomyces* sp. Berdasarkan (Dec dan Bollag, 1997 dalam Fomsgaard 2004), hal ini disebabkan karena reaksi kimia antara pestisida yang tidak berubah atau metabolitnya sering mengarah pada pembentukan obligasi yang kuat (*chemisorption*), menghasilkan peningkatan tetap adanya residu di tanah, sambil menyebabkannya kehilangan identitas kimianya. Proses adsorpsi, yang mungkin bersifat kimia di alam (seperti dengan interaksi elektrostatik) atau murni fisik (seperti dengan kekuatan van der Waals), adalah fenomena dimana molekul-molekul fluida melawan permukaan padat dan dipertahankan di atasnya pada waktu tertentu, membangun keseimbangan partisi. Konsep ini berlaku untuk kasus reaktivitas kimia dan fungsi tanah tertentu seperti metabolisme mikroba, dimana pada hari ke 14 terjadi kenaikan pH pada masing-masing wadah baik yang ditambahkan *Streptomyces* sp. maupun tanpa penambahan.

Biodegradasi yang diharapkan adalah degradasi yang melibatkan metabolisme mikroba, sehingga mikroba tersebut mempunyai kemampuan untuk menggunakan senyawa pestisida tersebut sebagai sumber karbon dan sekaligus sebagai sumber energi untuk pertumbuhannya. Akan tetapi pada kenyatannya, menurut Bollag (1974), selain mekanisme pestisida sebagai sumber karbon dan energi, juga terdapat gangguan mikrobial penting lainnya yakni transformasi kometabolik, reaksi konjugasi, dan akumulasi pestisida di dalam sel mikroba itu sendiri. Hal tersebut malah menyebabkan terbentuknya senyawa-senyawa baru yang lebih berbahaya dari residu pestisida asalnya.

Selain itu penurunan konsentrasi pestisida pada tanah juga dipengaruhi oleh adanya volatilisasi. Volatilisasi

didefinisikan sebagai proses dimana senyawa menguap ke atmosfer dari yang lain kompartemen lingkungan. Potensi volatilitas pestisida terkait erat dengan tekanan uapnya, tekanan diberikan oleh uap suatu senyawa aktif permukaan padat atau cair. Dimana berdasarkan Indrayani, (2006) tekanan uap profenofenos sebesar 1.24×10^{-1} mPa pada suhu 25 °C. Kadar air dari tanah juga penting, pestisida menguap lebih cepat di tanah lembab daripada di tanah kering. Pestisida itu menunjukkan volatilitas adsorpsi fisik yang lemah, berbeda dari bahan kimia lainnya yang memiliki daya adsorpsi yang kuat sehingga mudah diganti oleh air molekul (Navarro *et al.* 2007).

Jones *et al.* (1996) dan Reid *et al.* (2000) dalam Fomsgaard (2004) menyatakan jalannya degradasi bahan kimia dalam tanah sering terdiri dari dua fase, fase awal dengan degradasi cepat dan fase kedua dengan degradasi yang jauh lebih lambat, di mana mereka berpendapat bahwa signifikansi relatif dari masing-masing fase ini akan ditentukan oleh volatilitas dan hidrofobisitas bahan kimia. Pernyataan tersebut dapat dikaitkan terhadap kadar air tanah pada hari ke 14 hanya mencapai 5,64 untuk media kontrol, 7,42 untuk media penambahan mikroba 10 ml dan 5,17% untuk penambahan 20 ml mikroba. Kadar air mengalami perubahan yang sangat jauh dari sebelumnya yaitu dibawah 20% sehingga menyebabkan proses degradasi berjalan stasioner.

Perbandingan efisiensi penurunan profenofos pada media kontrol maupun dengan adanya penambahan *Streptomyces* sp. tidak menunjukkan adanya signifikansi. Hal ini dapat disebabkan karena, pada media dengan adanya penambahan *Streptomyces* sp. sebagai mikroba eksogen, mikroorganisme indigen pada tanah tidak memiliki peran dalam mendegradasi pestisida atau hanya

sebagian kecil saja, dikarenakan sifat *Actinomycetes* yang dapat menghambat mikroba lain disekitarnya. Berdasarkan Ulya (2009), *Streptomyces* sp. dapat menghasilkan berbagai senyawa metabolik sekunder seperti antibiotik: neomisin, kloramfenikol, streptomisin, nistasin, amfoterisin, dan natamisin yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri maupun fungi dengan spektrum penghambatan yang luas. Sehingga kemungkinan mikroba *Streptomyces* sp. bekerja tunggal dalam mendegradasi pestisida profenofos sedangkan pada media kontrol ada mikroorganisme indigen yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi profenofos pada tanah.

4.2 Perbandingan Efluen Residu Pestisida Dengan Standar ketetapan Residu Pestisida Pada Tanah Pertanian

Hasil tanah olahan atau efluen yang telah didapatkan dari penelitian ini dibandingkan dengan standar ketetapan residu pestisida pada tanah yaitu berdasarkan ketetapan yang diterbitkan oleh Development of Environment and Conservatives Assesment levels for Soil, Sediment and Water ialah 1 mg/kg tanah.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan bahwa *Streptomyces* sp. terbukti memiliki kemampuan untuk menyisihkan/ mendegradasi profenofos dan sangat berpengaruh terhadap penurunan konsentrasi residu pestisida pada tanah yang ditandai dengan tingginya efisiensi penyisihan parameter pencemar, namun belum memenuhi standar ketetapan residu pestisida pada tanah pertanian sesuai dengan ketetapan *Development of Environment and Conservatives Assesment levels for Soil, Sediment an Water*, dikarenakan tingginya konsentrasi awal pada sampel tanah dan membutuhkan penambahan waktu untuk dapat mengamati residu profenofos pada tanah sesuai dengan baku mutu.

5. KESIMPULAN

Efisiensi tertinggi terhadap penyisihan residu profenofos adalah pada variasi konsentrasi *Streptomyces* sp. 20 ml/kg sebesar 96,21% dengan residu akhir sebesar 3,719 mg/kg namun belum memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan oleh *Department of Environment and Conservation* untuk residu profenofos pada tanah yaitu 1 mg/kg. Sedangkan pada variasi konsentrasi 10 ml/kg (1%) penyisihan residu profenofos adalah 95,76% dengan nilai residu akhir sebesar 4,241 mg/kg, namun untuk efisiensi penyisihan profenofos pada perlakuan tanpa penambahan *Streptomyces* sp. (kontrol) tidak terlalu rendah terhadap efisiensi penyisihan pada variasi lainnya. Dimana efisiensi yang dicapai ialah sebesar 93,54% dengan nilai residu 6,46 mg/kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmaisyah. (2006). Potensi *Streptomyces* sp. Isolat lokal dalam mendegradasi limbah minyak bumi. *Skripsi*. Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor.
- Aparacio, J.D., Saez, J.M., Raimando, E.M, Benimeli, C.S., & Polti, M.A. (2018) Comparative study of single and mixed cultures of actinobacteria for the bioremediation of co-contaminated matrices. *Journal of Environmental Chemical Engineering*.
- Benimeli, C.S., Castro, G.R., Chaile, A.P., & Amoroso, M .J. (2007). Lindane uptake and degradation by aquatic *Streptomyces* sp. Strain M7. Elsevier : *International Biodegradation & Biodeterioration*, 59 (2007) 148-155.
- Bollag, J.M. (1974). Microbial transformation of pesticide. Elsevier: *Advances in Applied*

- Microbiology*, Vol. 18, No. 8, 75-130.
- Fernandes, J.B.V., Rizo, A.B.M., Sandoval, M.R., & Ojeda, D.M. (2012). Biodegradation and Bioremediation of Organic Pesticides. *INTECH :Pesticide-Recent Trends in Pesticide Residue Assay* 253-272.
- Fuentes, M.S., Saez, J.M., Benimeli, C.S., & Amoroso, M.J. (2011) *Lindane biodegradation by defined consortia of indigenous Streptomyces strains*. Springer : *Water, Air, and Soil Pollution*, 222 (2011) 217-231.
- Fomsgaard, I.S. (2004). *The influence of sorption on the degradation of pesticide and other chemical soil*. Danish Institute of Agricultural Science. Danish Environmental Protection Agency. z
- Hanafiah, K.A. (2012). *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Jakarta : Raja Grafindo Persada.
- Indrayani, N. (2006). Bioremediasi lahan tercemar profenofos secara *ex-situ* dengan cara pengomposan. *Tesis*. Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, IPB.
- Kuswaha, M., Verma, S., & Chatterje, S., (2016). *Profenofos, an acetylcholinesterase-inhibiting organophosphorus pesticide: A short review of its usage, toxicity, and biodegradation*. *Journal of Environmental Quality*, 45, 1478-1489
- Nugroho, B.Y.H., W, S.Y., dan R, Ali. (2015). Analisis residu organofosfat di perairan Mlongo Kabupaten Jepara. *Jurnal Oseanografi Universitas Diponegoro*. Vol.4, No.3, 541-544.
- Rencana Strategis Kementerian Pertanian Tahun 2015 – 2019. (2015). Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Navarro, S., Vela, N., Navarro, G. (2007) Review an overview on the environmental behavior of pesticide residues in soil. *Spanish Journal of Agricultural Research*. Vol. 5, No. 3, 357-375.