

Pengkayaan Mikroba dapat Mempercepat Degradasi Residu POPs

Indratin*, Sri Wahyuni

Peneliti Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Jl. Raya Jakenan-Jaken KM 05 Jakenan Pati

*Email: indratin@litbang.pertanian.go.id

Abstract: *Persisten organic pollutants* (POPs) adalah senyawa organik yang tahan terhadap fotolitik, degradasi biologis maupun kimia. Senyawa POPs ada 12, yaitu *aldrin*, *hexachlorobenzene*, *chlordane*, *mirex*, *dieldrin*, *toxaphene*, DDT, *dioxin*, *endrin*, *furans*, *heptachlor* dan PCBs. Pestisida adalah salah satu bahan kimia yang berpotensi menimbulkan dampak negatif di lingkungan pertanian. Residu pestisida di lingkungan pertanian tanaman pangan dan sayuran merupakan permasalahan yang harus dicari solusi pemecahannya. Ameliorasi merupakan suatu teknologi untuk menurunkan residu pestisida di lingkungan pertanian. Arang aktif merupakan salah satu bahan amelioran potensial yang dapat menurunkan residu pestisida. Kegiatan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Residu Bahan Agrokimia di Laladon Bogor (Balingtan), Laboratorium mikrobiologi LIPI Cibinong (analisis mikrobiologi tanah) dan Laboratorium Balingtan (Analisis karakterisasi tanah). Penelitian berlangsung selama 10 bulan, mulai bulan Pebruari hingga Nopember 2010. Teknik pengkayaan arang aktif dengan bakteri pendegradasi adalah dilakukan setelah perlakuan pelapisan urea dengan arang aktif dengan cara menyemprotkan suspensi bakteri ke permukaan arang aktif. Tujuan penelitian adalah mendapatkan teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif yang diperkaya dengan bakteri pendegradasi residu insektisida organoklorin yang bersifat POPs. Kelimpahan mikroba tanah di lahan sayuran Ds. Sukomakmur Kec. Kajoran didominasi *Citrobacter*, sp., *Bacillus*, sp., *Azospirillum*, sp masing-masing dengan populasi $9,6 \times 10^9$; $3,8 \times 10^9$; $3,7 \times 10^9$ SPK/g tanah. Selain itu ditemukan *Azotobacter*, sp., dan *Sphaerotillus natans*, *Pseudomonas*, SP, dan BPF. Hasil uji laboratorium telah diperoleh isolat mikroba konsorsia yang mampu mendegradasi pestisida POPs >50% setelah 20 hari yaitu sebesar 94,56-100% pada konsentrasi 5 ppm, 91,14-99,66% pada konsentrasi POPs 10 ppm, 91,06-99,55% pada konsentrasi 20%.

Keywords: Mikroba, degradasi, senyawa POPs

1. PENDAHULUAN

Persisten organic pollutants (POPs) adalah senyawa organik yang tahan terhadap fotolitik, degradasi biologis maupun kimia. Senyawa POPs ada 12, yaitu *aldrin*, *hexachlorobenzene*, *chlordane*, *mirex*, *dieldrin*, *toxaphene*, DDT, *dioxin*, *endrin*, *furans*, *heptachlor* dan PCBs. Pestisida adalah salah satu bahan kimia yang berpotensi menimbulkan dampak negatif di lingkungan pertanian. Residu pestisida di lingkungan pertanian tanaman pangan dan sayuran merupakan permasalahan yang harus dicari solusi pemecahannya.

Ameliorasi merupakan suatu teknologi untuk menurunkan residu pestisida di lingkungan pertanian. Arang aktif merupakan salah satu bahan amelioran potensial yang dapat menurunkan residu pestisida.

Teknik pengkayaan arang aktif dengan bakteri pendegradasi adalah dilakukan setelah perlakuan pelapisan urea dengan arang aktif dengan cara menyemprotkan suspensi bakteri ke permukaan arang aktif.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan teknologi pelapisan pupuk urea dengan arang aktif yang diperkaya

dengan bakteri pendegradasi residu insektisida organoklorin yang bersifat POPs.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan dengan metode survei pengambilan contoh tanah di lahan sayuran dan selanjutnya dilakukan isolasi mikroba pendegradasi di laboratorium. Pengambilan contoh tanah secara komposit dilaksanakan di Desa Marongan Kec. Kajoran, Kab. Magelang Jawa Tengah. Percobaan isolasi dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi LIPI Cibinong melalui empat tahap. (1) Isolasi dengan pengayaan pertama, (2) Isolasi dengan pengayaan ke dua, (3) pengukuran aktivitas total enzim hidrolisis, dan (4) Penetapan residu insektisida POPs hasil kultur. Percobaan isolasi pengayaan pertama dilakukan dengan 3 perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali.

2.1 Isolasi dengan Pengayaan Pertama

Contoh tanah sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril, kemudian dihomogenisasi dengan vortex \pm 10 menit. Sampel



diambil 1 ml dan dimasukkan ke dalam tabung inkubasi berisi 5 ml medium mineral yang mengandung: 10 g NaNO₃, 2,5 g NH₄Cl, 2,6 g KH₂PO₄, 7,4 g K₂HPO₄, 1 g MgSO₄·7H₂O, 2 g CaCl₂, 0,01 g CuSO₄, 0,05 g Fe sitrat, 0,1 g EDTA, 10 ml larutan *trace element*. Selain itu juga dilakukan pula pada media enrichment *soil extract* yang mengandung: 10 g NaNO₃, 2,5 g NH₄Cl, 2,6 g KH₂PO₄, 7,4 g K₂HPO₄, 1 g MgSO₄·7H₂O, 2 g CaCl₂, 0,01 g CuSO₄, 0,05 g Fe sitrat, 0,1 g EDTA, 10 ml larutan *trace element* dan ekstrak tanah sebanyak 10 ml. Semua larutan disterilkan. Konsentrasi insektisida campuran dibuat sebagai berikut: 0, 5, dan 10 ppm insektisida POPs. Contoh diinkubasi di bioshaker dengan suhu ruang (± 25^o C). Pertumbuhan mikroba diamati dengan menggunakan metode turbidimetri yang diukur pada panjang gelombang 600 nm. Reaksi positif ditunjukkan dengan perubahan kekeruhan pada media.

2.2 Isolasi dengan Pengayaan Kedua

Kultur yang tumbuh pada pengayaan tingkat pertama selanjutnya ditransfer ke media yang mengandung 20 ppm pestisida POPs. Pertumbuhan mikroba diamati dengan menggunakan metode turbidimetri yang diukur pada panjang gelombang 600 nm. Reaksi positif ditunjukkan dengan perubahan kekeruhan pada media.

2.3 Pengukuran Aktivitas Total Enzim Hidrolisis

Pengukuran aktivitas enzim hidrolisis dilakukan pada medium mineral + soil extract dan medium mineral + pestisida dengan konsentrasi 0 ppm, 5 ppm, dan 10 ppm, dan 20 ppm. Pengukuran dilakukan dengan menghitung *optical density* atau kekeruhan/kepadatan sel dengan panjang gelombang OD 600 nm.

2.4 Penetapan Residu Insektisida POPs

Pengukuran residu insektisida POPs dilakukan pada hasil kultur mikroba pendegradasi residu insektisida POPs 20 hari setelah pembuatan kultur. Analisis residu pestisida POPs dilakukan di Laboratorium Balingtan (Lab. Residu Bahan Agrokimia) di Bogor dengan menggunakan GC Varian Type 450. Analisis residu insektisida POPs menggunakan metode Ohsawa *et al.*, (1985). Konsentrasi residu insektisida POPs dalam contoh dihitung berdasarkan rumus dari Ohsawa *et al* (1985) sebagai berikut.

$$[\text{organoklorin POPs}] = A \frac{B}{C} \times \frac{D}{E} \times \frac{F}{G} \text{ .ppm}$$

Keterangan:

A = konsentrasi standar (µg/mL larutan),

B = area puncak sampel,

C = area puncak standar,

D = volume larutan standar yang disuntikkan (µL),

E = volume larutan sampel yang disuntikkan (µL),

F = volume ekstrak heksana-eter (mL),

G = volume supernatan (mL),

F/G = faktor pengenceran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Residu pestisida yang terdeteksi di sentra sayuran umumnya termasuk golongan POPs kecuali endosulfan yang belum digolongkan sebagai POPs namun dapat kategorikan sebagai POPs karena termasuk persisten di tanah. Residu POPs organoklorin yang terdeteksi dalam tanah antara lain endosulfan (0,0011 – 0,0040 ppm), lindan (0,0033 ppm), heptaklor (0,0019-0,0033 ppm), dieldrin (0,0097-0,0121 ppm), DDT (0,0034 ppm), endrin (0,0019-0,0032 ppm)

Beberapa mikroorganisme yang dapat mendegradasi insektisida antara lain *Pseudomonas* sp., *Arthrobacter*, *Flavobacterium* spp., *Actinomycetes*, *Bacillus* sp dan *Nocardia* sp. (Tabel 1) (Matten *et al.*,1994; Kennedy dan Gewin, 1997; Karpouzaz *et al.*, 2000).

Tabel 1. Mikroorganisme Pendegradasi Senyawa Insektisida

Senyawa insektisida	Mikroorganisme
Organoklorin (POPs)	<i>Arthrobacter</i> sp.
	<i>Actinomycetes</i>
	<i>Azospirillum lipoterum</i>
	<i>Streptomyces</i> spp.
	<i>Achromobacter</i> sp.
	<i>Micrococcus</i> sp.
	<i>Bacillus</i> sp
	<i>Pseudomonas cepacia</i>
	<i>Pseudomonas</i> sp.
	<i>Nocardia</i> sp
	<i>Flavobacterium</i> spp.
	<i>Rhodococcus</i> sp.
	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Sumber: Matten *et.al* (1994)

Kelimpahan mikroba tanah di lahan sayuran Ds. Sukomakmur Kec. Kajoran didominasi *Citrobacter*, sp., *Bacillus*, sp., *Azospirillum*, sp masing-masing dengan populasi 9,6 x 10⁹; 3,8 x 10⁹; 3,7 x 10⁹ SPK/g tanah. Selain itu ditemukan *Azotobacter*, sp., dan *Sphaerotillus natans*, *Pseudomonas*, SP, dan BPF. Lihat (Tabel 2).

Tabel 2. Populasi Mikroba Tanah di Lahan Sayuran Ds. Sukomakmur, Kec. Kajoran, Kab. Magelang, 2010

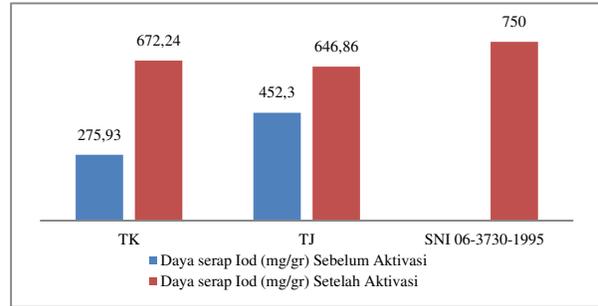
Jenis mikroba tanah	Populasi (cfu/g)
<i>Bacillus</i> , sp.	3,8 x 10 ⁹
<i>Citrobacter</i> , sp.	9,6 x 10 ⁹
<i>Azotobacter</i> , sp.	7,0 x 10 ⁵
<i>Azospirillum</i> , sp.	3,7 x 10 ⁹
<i>Sphaerotillus natans</i>	4,2 x 10 ⁴
<i>Pseudomonas</i> , sp	2,5 x 10 ⁵
BPF	4,75 x 10 ⁵

Berdasarkan kelimpahan mikroba isolasi sementara diketahui bahwa *Bacillus*, sp. dan



Azospirillum, sp, *Pseudomonas*, sp termasuk mikroba pendegradasi insektisida dengan populasi 10^9 sehingga dapat dilakukan isolasi untuk pengujian kemampuan mikroba dalam mendegradasi POPs (Matten *et al.*, 1994). Menurut Mohapatra dan Awasthi (1997), *Bacillus pumilis* dapat menguraikan lebih dari 98% karbofuran dalam 30 hari.

Hasil uji mutu arang aktif pertama menunjukkan daya serap Iod pada bahan tempurung kelapa dan tongkol jagung mendekati syarat kualitas yang ditetapkan oleh SNI 06-3730-1995 yaitu 750 mg/g seperti terlihat pada Gambar 1. Hal ini disebabkan pemanasan belum optimal sehingga akan dilakukan pengujian mutu arang aktif lagi dengan alat aktivasi skala laboratorium yang menggunakan retorik listrik agar suhu lebih optimal dan daya serap ion memenuhi standar.



Gambar 1. Daya serap Iod arang aktif tempurung kelapa (TK) dan tongkol jagung (TJ)

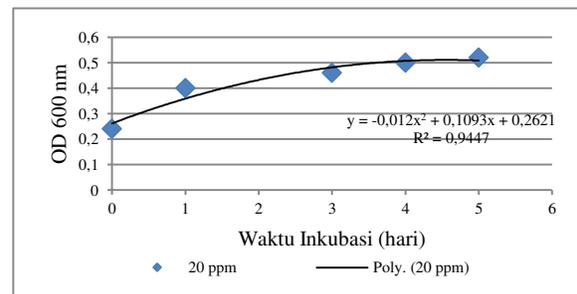
3.1 Degradasi Pestisida POPs oleh Mikroba Konsorsia

Pada hasil uji laboratorium; konsentrasi 5 ppm, mikroba konsorsia dapat mendegradasi pestisida POPs 94,56 – 100%, dimana DDT diikuti heptaklor a-BHC dan heptaklor terdegradasi tertinggi. Pada konsentrasi 10 ppm, mikroba konsorsia mampu mendegradasi pestisida POPs 91,14 – 99,67 dan konsentrasi 20 ppm mampu mendegradasi pestisida POPs 91,06 – 99,55%. Hal ini bias dilihat pada (Tabel 3). Ini berarti mikroba pendegradasi POPs nyata berperan aktif dalam mendegradasi pestisida POPs.

Tabel 3. Degradasi Pestisida POPs oleh Mikroba Konsorsia

Jenis POPs	Konsentrasi residu (ppm)					
	5 ppm		10 ppm		20 ppm	
		%		%		%
α -BHC	0,015	99,70	0,050	99,50	0,090	99,55
γ -BHC (LINDAN)	0,289	97,22	0,886	91,14	1,788	91,06
ALDRIN	0,136	97,28	0,305	96,95	0,784	96,08
HEPTAKLOR	0,024	99,52	0,048	99,52	0,171	99,14
DIELDRIN	0,272	94,56	0,334	99,66	0,846	95,77
DDT	-	100	0,033	99,67	0,292	98,54
ENDRIN	0,118	97,64	0,365	96,35	0,463	97,68
ENDOSULFAN	0,061	98,78	0,092	99,08	0,150	99,25

Kinetika pertumbuhan mikroba pada media mineral dengan konsentrasi pestisida POPs 20 ppm merupakan pertumbuhan yang optimum. Hal ini dapat dilihat pada (Gambar 2), dimana mikroba dapat memanfaatkan pestisida POPs pada konsentrasi 20 ppm sebagai sumber karbon namun hanya batas waktu tertentu terlihat kurva yang mulai cenderung melandai peningkatan pertumbuhan kinetika mikroba yang ditunjukkan oleh nilai Optical Density (OD) dengan persamaan $y = -0,012x^2 + 0,109x + 0,262$ dan nilai $R^2=0,944$.

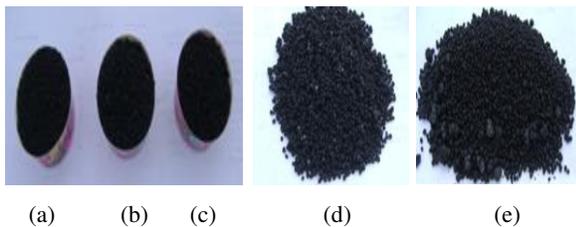


Gambar 2. Kinetika Pertumbuhan Mikroba pada Media Mineral dengan Konsentrasi Pestisida POPs 20 ppm

3.2 Teknologi Produksi Urea Berlapis Arang Aktif (AA) yang Diperkaya Mikroba Pendegradasi Pestisida POPs

Proses pembuatan urea berlapis arang aktif (tempurung kelapa dan tongkol jagung) yang diperkaya mikroba konsorsia dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- Mempersiapkan *urea coating* (arang aktif tempurung kelapa dan tongkol jagung) dengan dibantu bahan perekat tertentu (perbandingan urea-AA=80:20).
- Melakukan pengkayaan urea *coating* dengan mikroba konsorsia : Menimbang urea berlapis arang aktif tempurung kelapa dan urea berlapis arang aktif tongkol jagung dengan berat tertentu (500 gram) kemudian menyiapkan kultur mikroba konsorsia pendegradasi pestisida POPs dengan (perbandingan 10:1) volume tertentu. Urea berlapis arang aktif ditempatkan dalam alat granulator dengan kecepatan putar 50 rpm secara bertahap sambil diputar disemprotkan mikroba konsorsia pendegradasi pestisida POPs.
- Produk berupa urea berlapis arang aktif yang diperkaya mikroba. dengan spesifikasi urea berlapis arang aktif tongkol jagung/tempurung kelapa yang telah diperkaya dengan mikroba konsorsia pendegradasi residu POPs.



Gambar 3. Produk urea berlapis arang aktif yang diperkaya mikroba pendegradasi pestisida POPs (a. TJ + Mikroba, b. TK + Mikroba, c. Urea + AATK, d. TK + Mikroba, e. TJ + Mikroba)

Arang aktif merupakan suatu padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon, sehingga mempunyai daya serap iod tinggi. Kemampuannya sebagai senyawa karbon amorph, dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan sehingga diharapkan dapat meningkatkan kemampuan tanah dalam mendukung kehidupan tanaman di atasnya.

Kapasitas dan daya serap arang aktif yang besar melalui struktur pori dan keberadaan gugus kimia di permukaan arang aktif (C=O, ion C_2^- dan ion C_2H^-) mampu berperan dalam menurunkan pencemaran residu pestisida. Selain itu penggunaan arang aktif dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga dapat meningkatkan degradasi cemaran POPs dalam tanah (Ardiwinata, 2004).

Penggunaan arang aktif sebagai pelapis urea diharapkan dapat digunakan sebagai rumah tinggal yang baik bagi mikroba yang ada dalam tanah tersebut sehingga akan membantu mendegradasi senyawa POPs dalam tanah dengan cara menggunakan karbon senyawa POPs sebagai sumber energinya.

4. KESIMPULAN

- Lahan sayuran di Ds Sukomakmur Kec. Kajoran Magelang sebagai lokasi percobaan sementara terdeteksi pestisida POPs (endosulfan= 0,004), lindan (0,0033), heptaklor (0,0019-0,0033), DDT (0,0034), endrin (0,0019-0,0032), dieldrin (0,0097-0,0121) yang telah mendekati ADI (*Acceptable Daily Intake*) dan melebihi ADI.
- Kualitas arang aktif (daya serap Iod) sebagai bahan pelapis urea tempurung kelapa (672.24 mg/g) dan tongkol jagung (646.86 mg/g) mendekati kriteria SN I06-3730-1995 (750 mg/g).
- Kelimpahan mikroba di lahan sayuran Kajoran Magelang adalah *Citrobacter*, sp., *Bacillus*, sp., dan *Azospirillum*, sp., *Azotobacter*, sp., dan *Sphaerotillus natans*, *Pseudomonas*, SP, dan BPF.
- Hasil uji laboratorium telah diperoleh isolat mikroba konsorsia yang mampu mendegradasi pestisida POPs >50% setelah 20 hari yaitu sebesar 94,56-100% pada konsentrasi 5 ppm, 91,14-99,66% pada konsentrasi POPs 10 ppm, 91,06-99,55% pada konsentrasi 20%.
- Pupuk urea berlapis arang aktif (tempurung kelapa dan tongkol jagung) yang diperkaya dengan mikroba konsorsia telah dapat diproduksi secara sederhana

5. SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai daya simpan urea arang aktif yang telah diperkaya mikroba pendegradasi senyawa POPs.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kepada Prof. Dr. Ir. Made Sudiana, MSc yang telah berbagi informasi, saran, masukan dan membantu percepatan isolasi. Kepada Ali Pramono, Eman Sulaeman, Aji Mohammad Tohir, Nanang Priatna, Cahyadi, dan Selamat Riyanto yang telah membantu terlaksananya penelitian hingga menjadi tulisan ini.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Ardiwinata, A. N. (2004). *Pengaruh Penambahan Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Sekam Padi di Tanah Terhadap Residu Karbofuran (2,3-dihidro-dimetil-7-benzofuranil-N-metil karbamat)*



- di dalam Tanah, Air, dan Tanaman Padi*. Disertasi Doktorat tidak dipublikasikan. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Karpouzas, D.G., J.A.W. Morgan, and A. Walker. (2000). Isolation and Characterization of 23 Carbofuran Degrading Bacteria from Soils from Distant Geographical Areas. 6p. (<http://www.blackwell-synergy.com/links/doi/10.1046/j.1472-765x.2000.00823.x/full/>)
- Kennedy, A.C. and V.L. Gewin. (1997). Soil Microbial Diversity: Present and Future Considerations. *Soil Science* 162(9): 607-617.
- Komisi Pestisida. (2006). Metode Pengujian Residu Pestisida Dalam Hasil Pertanian. Departemen Pertanian. 377 hal.
- Matten, A., S. Chapalamadugu, B. Kaskar, A.R. Bhatti, & G.R. Chaudhry. (1994). *Microbial metabolism of carbamate and organophosphate pesticides*. In G.R. Chaudry (Ed.), *Biological Degradation and Bioremediation of Toxic Chemicals*. First Eds. Chapman & Hall. p198-233
- Mohapatra, S. & M. D. Awasthi. (1997). Enhancement of carbofuran degradation by soil enrichment cultures, bacterial cultures and by synergistic interaction among bacterial Cultures. *Pestic. Sci.* 49 : 146-148.
- Ogawa, M. (1994). Symbiosis of people and nature in the tropics: Tropical agriculture using charcoal. *Farming Japan*. 28(5) : 21-30.
- Rodan, B.D., D.W. Pennington, N. Eckley, R.S. Boethling. (1999). Scening for Persistent Organic Pollutants: Technique to Provide a Scientific basis for POPs Criteria in International Negotiations. *Environ Sci. Technology* 33: 3482-3488.
- Wahyuni.S. (2010). *Efektifitas Arang Aktif Tempurung Kelapa*. Leaflet. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.

Penanya:

Dr Donatus Setyawan Purwo Handoko S.Si, M.Si (Universitas Jember)

Pertanyaan:

- a. Apa saja jenis organokloria? Apa saja senyawa POPS itu?
- b. Kenapa masih meneliti endrin? Padahal penggunaan endrin sudah dilarang.

Jawaban:

- a. Senyawa organoklorin dan senyawa pops itu sebetulnya hampir sama ada beberapa senyawa pops yang masuk dalam golongan organoklorin antara lain : aldrin, dieldrin, chlordane, mirex, dieldrin, toxaphen, DDT, endrin, hepaklor. Sedangkan senyawa pops lainnya adalah furan, FCBs, dioin
- b. Endrin masih diteliti karena endrin/senyawa organoklorin lainnya sulit terdegradasi, sehingga sampai sekarang keberadaan dalam tanah masih ditemukan senyawa organoklorin.