

Bioremediasi untuk Menurunkan Kadar Insektisida Klordan di Lahan Sawah

Bioremediation Used to Decrease the Levels of Chlordane in Paddy Fields

Indratin*, Sri Wahyuni, Prihasto Setyanto

Balai Penelitian Lingkungan Pertanian,

Jalan Raya Jakenan-Jaken Km 5 Jakenan, Pati, Indonesia

Corresponding Email: indratin@litbang.pertanian.go.id, indratin.99@gmail.com

Abstract: Bioremediation is one of the effective ways to remediate pesticide-contaminated land, in order to reduce environmental pollution problems. *Bacillus subtilis*, *Heliobacterium oregonensis*, *Catenococcus thiocycli*, and *Achoromobacter* sp are soil microbes which are capable of lowering the levels of chlordane in the fields. These microbes derived from preliminary research results indigenous soil insulation in the Laboratory of Microbiology LIPI Cibinong. This research is aimed to determine the decrease levels of chlordane in paddy fields cultivated with rice Ciherang variety using bioremediation treatment. The soil used for the planting medium is taken from Cilamaya village, District CilamayaWetan, Karawang. This research is conducted at Jakenan Research Station from January to December 2013. This research uses activated carbon coated urea and biochar enriched by indigenous microbes with a dose 250 kg/ha. This research is designed by using complete randomized block design which is repeated three times with for 40 ml microbial concorcia populations 10^9 in 1 kg of urea coated by biochar or activated carbon. The microplot size 1 x 1 m with spacing of 20 x 20 cm. Insecticide residue analyzes carried out in Balingtan Laboratory in Bogor by gas chromatography, using the SNI 06-6991.1-2004 method. The result shows biochar coconutshell-coated urea enriched with microbes in rice farming can reduce pesticide residues chlordane amounted to 27.10%

Key Word: microbes, chlordane decrease, paddy fields

1. PENDAHULUAN

Bioremediator merupakan salah satu teknologi yang dikembangkan untuk memperbaiki tanah tercemar polutan terutama pestisida melalui aktivitas mikroba tanah maupun enzim yang dihasilkan. Penanganan cemaran melalui aktivitas mikroba akan terjadi tranformasi bahan-bahan yang dianggap berbahaya menjadi bahan-bahan yang kurang maupun yang tidak berbahaya (Santoso, 2008).

Perkembangan sektor pertanian telah mengakibatkan peningkatan pencemaran lingkungan oleh bahan kimia buatan manusia. Di antara polutan-polutan tersebut, terdapat polutan organik yang disebut organoklorin. Organoklorin merupakan polutan yang bersifat persisten dan dapat terbioakumulasi di alam serta bersifat toksik terhadap manusia dan makhluk hidup lainnya. Organoklorin tidak reaktif, stabil, memiliki kelarutan yang sangat tinggi di dalam lemak, dan memiliki kemampuan

degradasi yang rendah (Ebichon dalam Soemirat, 2005).

Persistent organic pollutants (POPs) adalah senyawa organik Ramadhani dan Oginawati (2009), menyatakan organoklorin tergolong sebagai senyawa *Persistent Organic Pollutants* (POPs) yaitu senyawa kimia yang persisten di lingkungan, dapat mengalami bioakumulasi di rantai makanan, dan memiliki dampak negatif terhadap kesehatan manusia dan lingkungan pertanian. Dalam menghadapi ancaman serangan OPT, petani dan pengusaha pertanian selalu berusaha melakukan pengendalian OPT dengan berbagai teknik yang dianggap efektif yaitu pestisida. Pestisida secara umum diartikan sebagai bahan kimia beracun yang digunakan untuk mengendalikan jasad pengganggu yang merugikan kepentingan manusia. Di bidang pertanian, penggunaan pestisida juga telah dirasakan manfaatnya untuk meningkatkan produksi. Dewasa ini pestisida merupakan sarana yang sangat diperlukan. Terutama digunakan untuk melindungi tanaman dan hasil tanaman, ternak maupun ikan dari



kerugian yang ditimbulkan oleh berbagai jasad pengganggu.

Dalam mengurangi pencemaran lingkungan dan dampak negatif terhadap kesehatan manusia maka diupayakan menggunakan teknologi yang efektif untuk mengurangi cemaran pestisida. (Wahyuni *et al.*, 2010).

Produksi biochar/arang hayati dari limbah tumbuhan bisa menjadi cara yang sangat baik dan murah untuk mengoptimalkan penggunaan pupuk, menyerap karbon, perbaikan lahan terdegradasi dan peningkatan produksi pertanian yang berkelanjutan (Barrow, 2012).

Wahyuni, *et al.* (2012) mengatakan bahwa urea berlapis arang aktif yang diperkaya mikroba *Bacillus aryabattai* mampu menurunkan residu aldrin, dieldrin, heptaklor dan DDT lebih dari 50%. Setiap mikroorganisme mempunyai respons yang berbeda terhadap faktor lingkungan (suhu, pH, salinitas dan sebagainya). Penggunaan arang aktif dilahan sawah dapat meningkatkan jumlah bakteri di dalam tanah terutama disekitar akar tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Wahyuni *et al.*, 2010 menunjukkan bahwa dengan adanya arang aktif dapat meningkatkan populasi bakteri *Azospirillum sp*; *Bacillus sp*; *Chromobacterium, sp*; *Pseudomonas, sp.*, ini berarti arang aktif dapat menjadi media pertumbuhan mikroba dengan baik.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Jakenan dari bulan Januari sampai Desember 2013. Mikroba yang digunakan untuk memperkaya adalah mikroba konsorsia hasil isolasi dari tanah indigenus yang berasal dari Karawang, hasil penelitian pendahuluan (Dewi *et al.*, 2013), yaitu *Achoromobacter sp*, *Catenococcus thiocycli*, *Heliothrix oregonensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*. Analisa residu *klordan* dilaksanakan di Laboratorium Agrokimia Balingtan di Laladon, Bogor. Tanaman padi yang digunakan adalah padi varietas Ciherang dengan umur bibit 21 hari, dan menggunakan jarak tanam 20 x 20 cm.

Urea prill yang ada dipasaran dipakai untuk bahan utama pupuk N, pupuk tersebut dilapisi dengan arang aktif dengan perbandingan 80:20. Teknik pengkayaan arang aktif dengan bakteri pendegradasi dilakukan setelah perlakuan pelapisan urea dengan arang aktif dengan cara menyemprotkan suspensi bakteri konsorsia 10^9 (cfu/ml) ke permukaan arang aktif sebanyak 40 ml dalam 1000 gr urea yang berlapis arang aktif.

Bahan penelitian meliputi tempurung kelapa (*Cocos nucifera*) dan tongkol jagung (*Zea mays*), bahan kimia dan bahan pendukung yang diperlukan

untuk memperlancar kegiatan penelitian di laboratorium dan lapang. Bahan kimia yang diperlukan untuk kegiatan analisis adalah standart insektisida *klordan* "Mereck" dengan kemurnian aseton *grade for analysis*, n-heksan *grade for analysis*, diklorometan *grade for analysis*, natrium sulfat anhidrat, kalium hidroksida, dan *cellite 545*. Bahan lapang yang digunakan adalah bibit padi Ciherang umur 21 hari, urea prill, urea berlapis biochar, urea berlapis arang aktif, urea berlapis biochar yang diperkaya dengan mikroba, urea berlapis arang aktif yang diperkaya dengan mikroba, SP-36 dan KCl.

Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan adalah pH meter, suhu tanah, botol semprot, rol meter, kromatografi gas Varian 450 GC yang dilengkapi dengan detector ECD-electron capture detector dan kolom VF 1701 untuk mendeteksi residu insektisida *klordan*. Alat soxhlet digunakan untuk mengekstrak tanah dan beras, sedangkan untuk mengekstrak air digunakan corong pemisah. Penguap vakum berputar (*evaporator*-Buchi R-114) digunakan untuk memurnikan contoh dari larutan pengekstrak, sedangkan untuk memurnikan contoh dari pengganggu komponen analisis digunakan kolom kromatografi. Alat-alat gelas seperti gelas ukur, gelas piala, labu ukur, corong pisah, labu bundar dan pipet. Tungku aktivasi arang aktif digunakan untuk mengaktivasi arang tempurung kelapa dan tongkol jagung.

Percobaan lapang disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL), 3 ulangan dan 9 perlakuan. Adapaun perlakuan terdiri dari:

- Urea prill (R1)
- Urea berlapis AA tempurung kelapa (R2)
- Urea berlapis AA tongkol jagung (R3)
- Urea berlapis AA tempurung kelapa diperkaya mikroba konsorsia (R4)
- Urea berlapis AA tongkol jagung diperkaya mikroba konsorsia (R5)
- Urea berlapis biochar tempurung kelapa (R6)
- Urea berlapis biochar tongkol jagung (R7)
- Urea berlapis biochar tempurung kelapa diperkaya mikroba konsorsia (R8)
- Urea prill berlapis biochar tongkol jagung diperkaya mikroba konsorsia (R9)

Penelitian ini menggunakan pupuk urea berlapis arang aktif yang diperkaya bakteri konsorsia. Penelitian dilaksanakan dilapangan dengan menggunakan lysimeter. Parameter yang diamati untuk mengetahui kemampuan urea berlapis arang aktif untuk menurunkan konsentrasi *klordan* adalah:

konsentrasi insektisida klordan pada contoh tanah, air, dan tanaman, serta populasi mikroba tanah.

Analisis menggunakan metode SNI 06-6991.1-2004, sedangkan penetapan residu insektisida klordan meliputi ekstraksi, *clean up*, analisis kromatografi. Prosedur ekstraksi dilakukan dengan menimbang 25 gram cuplikan (tanah yang telah dihaluskan), dimasukkan ke dalam erlenmeyer bertutup basah, dan ditambahkan campuran aseton : diklormetana (50:50, v/v), dibiarkan selama satu malam untuk proses ekstraksi statis. Hasil ekstraksi disaring dengan Buchner yang diberi celite. Pipet 25 ml fase organik ke dalam labu bulat, dipisahkan dalam rotarievaporator pada suhu tangas air 40°C sampai hampir kering dan dikeringkan dengan mengalirkan gas nitrogen sampai kering, diikuti dengan pembersihan (*clean up*). Residu dalam 5 mL dilarutkan dengan petroleum eter dan uapkan kembali hingga kering. Residu dilarutkan dalam 1,0 mL petroleum eter 40°C-60°C sehingga larutan mengandung 2,0 gram cuplikan analitik per mL. Sebanyak 1,0 gram alumina berlapis perak nitrat dimasukkan kedalam kolom kromatograf yang telah diberi wol kaca, ditambahkan 1 mL ekstrak yang mengandung 2 gram cuplikan analitik per mL kedalam kolom dan dibilas bagian dalam dinding kolom dengan 1 mL eluen campuran. Elusi dengan 9 mL eluen campuran yang sama. Eluat ditampung ke dalam tabung berskala dan pekatkan sampai 1 mL, dan residunya dilarutkan dalam 5 ml isooktana : toluena (90: 10, v/v). Penetapan kadar residu dengan menyuntikan 1 µL ekstrak ke dalam

kromatografi gas. Waktu tambat dan tinggi atau luas puncak kromatogram yang diperoleh dari larutan cuplikan dibandingkan dengan larutan baku pembanding. Nilai perolehan kembali 70-110 % dan batas penetapan 0,01-0,5 mg/kg.

Kandungan residu insektisida pada contoh dihitung berdasarkan rumus dari Komisi Pestisida (1997):

$$\text{Residu (ppm)} = A*(C/D)*(D/E)*(F/G)$$

Keterangan:

A= konsentrasi larutan standar (µg/mL)

B= luas puncak standar

C= luas puncak contoh

D= volume larutan standar yang disuntikan (µL)

E= volume larutan contoh yang disuntikan (µL)

F= volume pengenceran (mL)

G= bobot awal contoh (g)

3. HASIL PENELITIAN

Populasi mikroorganisme sampel tanah pada berbagai perlakuan urea berlapis biochar maupun arang aktif menunjukkan populasi mikroba lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan urea prill. Pada berbagai umur tanaman 17, 50, 80, 90 (HST), populasi mikroba tertinggi terdapat pada perlakuan urea arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba (UAATJM) pada 90 HST sebesar $6,9 \times 10^{10}$ cfu/ml, kemudian diikuti urea arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya mikroba (UAATKM) sebesar $4,9 \times 10^9$. Pertumbuhan populasi mikroba dari 17 HST sampai 90 HST/panen pada berbagai perlakuan disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pertumbuhan populasi bakteri pada berbagai umur pengamatan dan berbagai perlakuan

Perlakuan	Populasi bakteri (Sampel x 105)			
	17 HST	50 HST	80 HST	90 HST
Urea prill	45	60	90	217
UAATK	130	255	945	1286
UAATJ	55	165	189	245
UAATKM	248	360	3011	49471
UAATJM	289	43855	151688	692109
UBTK	45	85	134	157
UBTJ	80	126	153	370
UBTKM	182	534	964	1269
UBTJM	243	540	921	1531

Keterangan:

UAATK = urea berlapis arang aktif tempurung kelapa, UAATJ = urea berlapis arang aktif tongkol jagung, UAATKM = UAATK yang diperkaya mikroba konsorsia, UAATJM = UAATJ yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTK = urea berlapis



biochar tempurung kelapa, UBTJ = urea berlapis biochar tongkol jagung, UBTKM = UBTK yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTJM = UBTJ yang diperkaya mikroba konsorsia.

Dengan bertambahnya umur tanaman populasi mikroba tanah semakin tinggi, hal ini berhubungan erat dengan penurunan konsentrasi klordan dalam tanah. Semakin bertambah umur tanaman, maka semakin rendah konsentrasi residu insektisida *klordan* dalam tanah. Kandungan insektisida *klordan* dalam tanah pada 1, 17, 35, 50, 80, 90 HST.

Kandungan insektisida klordan dalam tanah 1 HST berkisar antara 0,15 ppm - 0,171 ppm. Hasil analisa insektisida klordan pada umur 1 HST tertinggi pada perlakuan UBTJM (0,171 ppm) dan terendah pada perlakuan UBTJ (0,15 ppm). Hal ini diduga didalam tanah terdapat mikroba yang memanfaatkan

insektisida klordan sebagai sumber makanannya.

Kandungan insektisida *klordan* dalam tanah setelah panen menurun dari 0,171 ppm - 0,019 ppm untuk perlakuan UBTJM. Kadar insektisida *klordan* yang tinggal dalam tanah, pada umur tanaman 90 HST (panen) yang terendah adalah perlakuan UBTKM (0,012 ppm) dan diikuti oleh UAATKM (0,016 ppm). Pada umur tanaman 1 HST, kadar *klordan* tanah tinggi, namun dengan bertambahnya waktu/umur tanaman konsentrasi insektisida *klordan* semakin menurun. Hal ini disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan klordan dalam Tanah pada (1, 17, 35, 50, 80,90) HST

Perlakuan	Kandungan khlordan dalam tanah (ppm)				
	1	17	35	80	90
Urea Pril	0,164	0,093	0,07	0,049	0,044
UAATK	0,157	0,128	0,091	0,048	0,037
UAATJ	0,125	0,069	0,05	0,032	0,025
UAATKM	0,138	0,074	0,038	0,02	0,016
UAATJM	0,165	0,104	0,056	0,024	0,02
UBTK	0,157	0,067	0,05	0,027	0,022
UBTJ	0,15	0,082	0,062	0,034	0,027
UBTKM	0,155	0,073	0,044	0,018	0,012
UBTJM	0,171	0,113	0,071	0,024	0,019

Keterangan : Analisa Klordan dilakukan di Laboratorium Bahan Agrokimia di Bogor

UAATK = urea berlapis arang aktif tempurung kelapa, UAATJ = urea berlapis arang aktif tongkol jagung, UAATKM = UAATK yang diperkaya mikroba konsorsia, UAATJM = UAATJ yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTK = urea berlapis biochar tempurung kelapa, UBTJ = urea berlapis biochar tongkol jagung, UBTKM = UBTK yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTJM = UBTJ yang diperkaya mikroba konsorsia.

Kandungan insektisida klordan dalam air 1 HST berkisar antara 0,058 ppm - 0,093 ppm. Hasil analisa insektisida klordan pada umur 1 HST tertinggi pada perlakuan UBTJM (0,093 ppm) dan terendah pada perlakuan UBTJ (0,058 ppm). Hal ini diduga didalam tanah terdapat mikroba yang memanfaatkan insektisida klordan sebagai sumber makanannya.

Kandungan insektisida *klordan* dalam air sampai panen menurun dari 0,091 ppm - 0,013 ppm untuk perlakuan UAATJM. Kadar insektisida

klordan yang tinggal dalam tanah, pada umur tanaman 90 HST (panen) yang terendah adalah perlakuan UAATJM (0,013 ppm) dan diikuti oleh UBTJM (0,013 ppm). Pada umur tanaman 1 HST, kadar *klordan* tanah tinggi, namun dengan bertambahnya waktu/umur tanaman konsentrasi insektisida *klordan* semakin menurun. Hal ini disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Residu *klordan* dalam Air pada (1, 17, 35, 50, 80, 90) HST

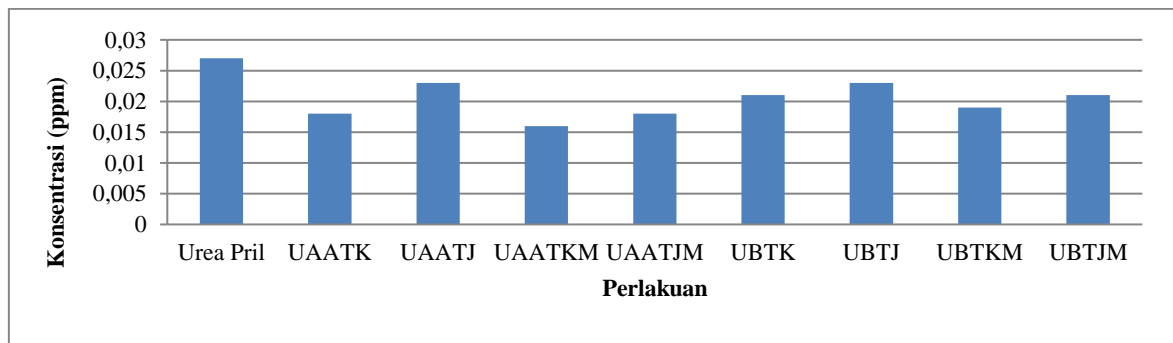
Perlakuan	Kandungan <i>Khloran</i> dalam air (ppm)				
	1	17	35	80	90
Urea Pril	0,083	0,076	0,056	0,049	0,043
UAATK	0,086	0,062	0,041	0,029	0,021
UAATJ	0,085	0,06	0,038	0,027	0,021
UAATKM	0,091	0,061	0,032	0,014	0,013
UAATJM	0,058	0,048	0,025	0,014	0,012
UBTK	0,08	0,053	0,039	0,029	0,024
UBTJ	0,093	0,05	0,037	0,028	0,023
UBTKM	0,097	0,049	0,03	0,02	0,017
UBTJM	0,086	0,047	0,029	0,02	0,013

Keterangan : Analisa *Khloran* dilakukan di Laboratorium Bahan Agrokimia di Bogor.

UAATK = urea berlapis arang aktif tempurung kelapa, UAATJ = urea berlapis arang aktif tongkol jagung, UAATKM = UAATK yang diperkaya mikroba konsorsia, UAATJM = UAATJ yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTK = urea berlapis biochar tempurung kelapa, UBTJ = urea berlapis biochar tongkol jagung, UBTKM = UBTK yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTJM = UBTJ yang diperkaya mikroba konsorsia.

Pestisida yang diaplikasikan di tanah, dapat terakumulasi dalam beras, residu *klordan* di beras yang terendah adalah perlakuan urea arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya mikroba (UAATKM) yaitu sebesar 0,018 ppm. Residu *klordan* tertinggi yang tertinggal di beras pada perlakuan urea priil yaitu sebesar 0,028 ppm. Residu pestisida *klordan* tanaman harusnya nol. Kalau masih terdeteksi ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia apabila beras yang terdeteksi tersebut dikonsumsi. Oleh sebab itu teknologi yang dapat mengurangi pencemaran *klordan* salah satunya adalah menggunakan urea berlapis arang aktif yang

telah diperkaya dengan mikroba (UAATKM) yang mampu memanfaatkan sumber *klordan* sebagai makanannya. Hal ini disajikan dalam (Gambar 2). Penurunan residu *klordan* dalam beras dipengaruhi oleh peningkatan populasi mikroba. Populasi mikroba meningkat mulai 17 HST hingga panen, peningkatan populasi mikroba berhubungan erat dengan penurunan residu *klordan* dalam beras. Semakin tinggi mikroba yang ada di dalam tanah, semakin rendah kadar *klordan* dalam beras.

Gambar 3. Konsentrasi *Khloran* dalam Beras

Keterangan:

UAATK = urea berlapis arang aktif tempurung kelapa, UAATJ = urea berlapis arang aktif tongkol jagung, UAATKM = UAATK yang diperkaya mikroba konsorsia, UAATJM = UAATJ yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTK = urea berlapis biochar tempurung kelapa, UBTJ = urea berlapis biochar tongkol jagung, UBTKM = UBTK yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTJM = UBTJ yang diperkaya mikroba konsorsia.

Penurunan residu *klordan* pada berbagai perlakuan, penurunan tertinggi pada perlakuan urea berlapis arang aktif yang diperkaya mikroba (UAATKM) sebesar 33.6%, diikuti urea berlapis biochar tempurung kelapa yang diperkaya mikroba (UBTKM) 31.6%, urea arang aktif tongkol jagung yang diperkaya mikroba (UAATJM) 30.5%, urea berlapis biochar

tongkol jagung yang diperkaya mikroba (UBTJM) 28.0%. Hal ini menunjukkan bahwa urea berlapis arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya mikroba lebih efektif menurunkan residu *klordan* dibandingkan dengan yang lainnya, disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Penurunan Residu *Klordan* pada Berbagai Perlakuan, 2013.

Perlakuan	Awal		Akhir			Indek Penurunan	Penurunan (%)
	Tanah	Air	Tanah	Air	Beras		
	(ppm)						
Urea priil	0,164	0,083	0,044	0,043	0,027	53,85	0,00
UAATK	0,157	0,086	0,037	0,021	0,018	68,72	14,88
UAATJ	0,125	0,085	0,025	0,021	0,023	67,14	13,30
UAATKM	0,138	0,091	0,016	0,013	0,016	80,35	26,50
UAATJM	0,165	0,058	0,02	0,012	0,018	77,58	23,73
UBTK	0,157	0,08	0,022	0,024	0,021	71,73	17,88
UBTJ	0,15	0,093	0,027	0,023	0,023	69,96	16,11
UBTKM	0,155	0,097	0,012	0,017	0,019	80,95	27,11
UBTJM	0,171	0,086	0,019	0,013	0,021	79,38	25,53

Indek penurunan: (Residu Awal - Residu)/Residu Awal*100

Penurunan : Indek penurunan perlakuan - Indeks penuruna urea prill

Keterangan:

UAATK = urea berlapis arang aktif tempurung kelapa, UAATJ = urea berlapis arang aktif tongkol jagung, UAATKM = UAATK yang diperkaya mikroba konsorsia, UAATJM = UAATJ yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTK = urea berlapis biochar tempurung kelapa, UBTJ = urea berlapis biochar tongkol jagung, UBTKM = UBTK yang diperkaya mikroba konsorsia, UBTJM = UBTJ yang diperkaya mikroba konsorsia.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian urea berlapis biochar dan arang aktif yang diperkaya dengan mikroba pada lahan sawah di lysimeter mampu menurunkan kadar insektisida *klordan*. Penurunan kadar *klordan* tertinggi pada perlakuan urea arang aktif tempurung kelapa yang diperkaya mikroba sebesar 27,11%. Penurunan konsentrasi *klordan* dalam tanah dipengaruhi oleh peningkatan populasi mikroba pada umur 17, 50, 80, dan 90 HST. Pengkayaan dengan mikroba indegenus mampu meningkatkan efektivitas urea yang dilapisi biochar maupun arang aktif.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ucapkan terima kasih kepada Sarwoto, Kundono, Wasidin, Duri, Cahyadi, Aji M Tohir, Santoso, dan Slamet Rianto yang telah membantu pelaksanaan penelitian hingga selesai, dan teman-teman peneliti yang telah bekerja sama dalam menjalankan kegiatan penelitian sampai dengan terselesainya tulisan ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

BPS, 2012. *Statistik Indonesia, Biro Pusat Statistik Indonesia*, Jakarta.



- Eviati, Sulaeman. 2009. *Petunjuk Teknis, Analisa Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah, Balai Besar litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- PPI Deptan, 2006. *Pestisida Terdaftar (Pertanian dan Kehutanan)*. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.
- Barrow, C. 2012. *Biochar Pestisida Pertanian dan Kehutanan*. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.
- PPI Deptan, 2010. *Pestisida Pertanian dan Kehutanan, Pusat Perijinan dan Investasi*. Departemen Pertanian.
- PPI Deptan, 2011. *Pestisida Pertanian dan Kehutanan*. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.
- PPI Deptan, 2013. *Pestisida Pertanian dan Kehutanan*. Pusat Perijinan dan Investasi. Departemen Pertanian.
- Ramadhani, N.W., dan K, Oginawati. 2009. *Residu Insektisida Organoklorin di Persawahan Sub Das Citarum Hulu*. Program Studi Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan. ITB. Bandung.
- SAS Institute, 2004, *SAS Institute, Inc., Cary, North Carolina, USA*.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 06-6990.1-2004 . *Metode Pengujian Residu Organoklorin*. Badan Standarisasi Nasional.
- SNI (Standar Nasional Indonesia) 7313. 2008. *Batas Maksimum Residu Pestisida pada Hasil Pertanian*. Badan Standarisasi Nasional.
- Soil, ground Water and Sediment, Canada, 2009.
- Santoso, R.H. 2008. *Penelitian Pengendalian Pencemaran Air Limbah Industri Organik. Prosiding Kolokium Hasil Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Air Menyongsong Perubahan Iklim Global*. Bandung 23-24 Juli 2008.
- Wade, H,F,, A,C, York, A,E, Morey, J,M, Padmore, and K,M, Rudo, 1998, The impact of pesticide use on groundwater in North Carolina, *J, Environ, Qual*, 27: 1018-1026.
- Wahyuni, S., A.N. Ardiwinata. E.S. Harsanti, S.Y. Jatmiko, Poniman, Indratin, E. Sulaeman. 2012. *Teknologi Arang Aktif Yang Diperkaya dengan Mikroba Pendegradasi Senyawa POPs di Lahan Padi dan Sayuran*. Laporan Akhir. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati.

