

# Status Sumberdaya Hayati Tanah pada Lahan Sawah Intensif di Provinsi Jawa Barat dan Banten

*The Status of Soil Biological Resources in Intensive Paddy Fields in West Java and Banten Provinces*

Subowo, Sarmah\*, Khamdanah, Elsanti, dan Endang Windiyati

Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

---

## INFORMASI ARTIKEL

---

### Riwayat artikel:

Diterima: 03 Feb 2015

Direview: 01 Apr 2015

Disetujui: 16 Mei 2015

---

### Kata kunci:

Aktivitas biologi tanah

*Azotobacter*

Fauna tanah

Mikroorganisme fungsional

Nematoda

*Perionyx* sp.

Sawah intensif

Sumberdaya hayati tanah

### Keywords:

*Soil biological activity*

*Azotobacter*

*Soil fauna*

*Functional microorganism*

*Nemathodes*

*Perionyx* sp.

*Intensive rice field*

*Soil biological resources*

---

**Abstrak.** Sumberdaya hayati tanah di lahan sawah intensif mengalami perubahan akibat pengolahan tanah, pemupukan anorganik dan pemberian pestisida. Perkembangan populasi fauna tanah menurun dan populasi mikroorganisme didominasi oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan merombak bahan organik. Dalam upaya mendukung pengembangan pertanian intensif diperlukan inventarisasi sumberdaya hayati tanah guna mempertahankan kesuburan dan kesehatan tanah sawah intensif, termasuk populasi mikroorganisme fungsional. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari status sumberdaya hayati tanah di lahan sawah intensif dan peluang pemberdayaan hayati tanah. Penelitian ini dilakukan dari bulan Februari sampai dengan Juni 2014. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada kedalaman 0-20 cm di sembilan lokasi sawah intensif yang berproduksi tinggi (>7,0 ton gabah kering panen (GKP) per ha), sedang (>4,0-7,0 t GKP.ha<sup>-1</sup>), dan rendah (<4,0 t GKP.ha<sup>-1</sup>). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada tanah sawah intensif hanya ditemukan fauna tanah dari kelompok Nematoda dan cacing tanah epigea *Perionyx* sp. Populasi organisme dan sifat fisik tanah tidak berpengaruh secara langsung terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah, namun aktivitas biologi dan populasi Nematoda berpengaruh nyata terhadap kandungan C-org, N, P tanah, dan *Azotobacter* berpengaruh terhadap kandungan C-org dan P tanah. Peran organisme tanah dalam meningkatkan ketersediaan hara sawah intensif perlu dioptimalkan dengan menjaga keseimbangan pemupukan.

**Abstract.** Biological resources in paddy field soil changes due to intensive tillage, organic fertilization and pesticide application. Soil fauna population can be suppressed, and microorganisms population dominated by organic matter decomposer. To maintain soil fertility and healthy intensive paddy fields, we need to inventory the soil biological resources including functional microorganism populations. This research aimed to study the status of biological resources and seeked the opportunities of their enhancement in intensive paddy fields. The study was carried out from March till June 2014. Soil samples were taken at a depth of 0-20 cm from nine locations of intensive paddy field with high production (> 7.0 tons of grain at harvest moisture condition (GKP).ha<sup>-1</sup>), moderate (> 4.0 to 7.0 tons GKP.ha<sup>-1</sup>), and low (<4.0 tons GKP.ha<sup>-1</sup>). The results showed that under intensive paddy field, only fauna *Nemathode* and epigaic earthworms of *Perionyx*, sp. were found. Populations of organisms and soil physical properties had no direct influence on the growth and production of paddy, but the biological activity and the population of *Nemathodes* significantly affected the content of C-org, N, P soil, while *Azotobacter* affected the content of soil C-org and soil P. The role of soil organisms in enhancing nutrient availability of intensive rice needs to be optimized by balanced fertilization.

## Pendahuluan

Tanah merupakan suatu sistem kehidupan yang kompleks, mengandung berbagai jenis organisme dengan beragam fungsi. Indonesia merupakan negara *megabiodiversity* di kawasan tropika basah, maka sudah selayaknya sumberdaya hayati tanah diberdayakan untuk

meningkatkan daya dukung tanah (Subowo *et al.* 2010, Soerjani 2002). Masalah utama yang dihadapi adalah terjadinya degradasi tanah pertanian di tropika basah akibat laju pelapukan, erosi, dan pencucian hara yang berlangsung intensif. Kandungan bahan organik, hara N dan P, serta populasi hayati tanah cepat mengalami penurunan. Menurut Giller *et al.* (1997), upaya mendukung pengembangan pertanian intensif di kawasan tropika, yang sebagian besar petaninya memiliki

---

\* Corresponding author: sarmah\_gkj84@ymail.com

kemampuan input pupuk pertanian yang lemah, pemberdayaan sumberdaya hayati tanah relevan untuk diupayakan. Untuk mempertahankan kesuburan dan kesehatan tanah diperlukan data populasi mikroorganisme fungsional, ciri kimia dan fisika tanah, sistem pengelolaan lahan sawah, dan produktivitas padi sawah.

Pengolahan tanah, pemupukan anorganik dan pemberian pestisida yang intensif pada lahan pertanian intensif dapat menekan perkembangan populasi organisme heterotrof, terutama fauna tanah, sehingga didominasi oleh mikroorganisme yang memiliki kemampuan merombak bahan organik. Pelepasan hara dan CO<sub>2</sub> yang semakin cepat dapat mengakibatkan kandungan bahan organik tanah dan populasi organisme cepat menurun, dan menurunnya daur hara dalam tanah akan semakin mempercepat laju degradasi tanah (Gil-Sotres *et al.* 2005, Dinesh *et al.* 2010, Acosta-Martinez *et al.* 2007).

Berbagai jenis organisme tanah memiliki peran penting dalam melakukan berbagai aktivitas metabolisme dalam tanah, seperti meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisik tanah, peningkatan ketersediaan hara, konservasi bahan organik dan hara tanah, meskipun dapat juga berperan sebagai hama-penyakit tular tanah ataupun sebagai predator. Fauna tanah memiliki peran penting dalam menghancurkan secara fisik (fragmentasi) bahan organik, yang selanjutnya didekomposisi oleh mikroba tanah dan dilepaskan sebagai senyawa anorganik (hara) yang dapat diserap oleh tanaman. Selain dapat meningkatkan keharapan tanah, fauna tanah juga dapat memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah serta mengurangi kecepatan kehilangan bahan organik dari subsistem tanah (Anwar dan Subowo 2010, Subowo *et al.* 2010, Subowo 2010).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi bakteri penambat N yang hidup bersimbiosis dengan tanaman kedelai (*Rhizobium*) maupun yang hidup bebas (*Azotobacter*, *Azospirillum*), dan bakteri/fungi pelarut fosfat mampu meningkatkan ketersediaan hara N dan P tanaman (Bormann and Sidle 1990, Chapin *et al.* 1994, Rao 1994). Inokulasi *Azotobacter* penambat N<sub>2</sub>-bebas menaikkan 15-100% hasil tanaman pada ekosistem lahan kering dan mengurangi pupuk hingga 30% pada ekosistem lahan kering (Kader *et al.* 2002). Penggunaan bakteri penambat N<sub>2</sub> hidup bebas (*Azospirillum*) mampu meningkatkan hasil pertanian sebesar 30-50% pada kondisi tanah dan iklim yang berbeda pada jangka waktu 20 tahun (Katupitiya and Vlassak 1990). Menurut Adesemoye *et al.* (2009) pemberian *Plant Growth-Promoting Microbia* (PGPM) dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman, serta mengurangi penggunaan pupuk NPK sampai sebesar 25% dari dosis rekomendasi. Chen *et al.* (2006), Kang *et al.* (2002) dan Pradhan dan Sukla (2005) menyatakan bahwa

mikroorganisme pelarut P mampu meningkatkan ketersediaan P melalui mineralisasi P organik dalam tanah. Aplikasi bakteri pelarut fosfat dan bakteri pemacu tumbuh tanaman (PGPM) mampu mengurangi aplikasi pupuk P hingga 50% tanpa pengurangan hasil panen yang signifikan (Jilani *et al.* 2007, Yazdani *et al.* 2009). Komunitas mikroba mempengaruhi kesuburan tanah melalui proses tanah seperti: dekomposisi, mineralisasi, dan penyimpanan/pelepasan nutrisi. Menurut Anwar (2007), inokulasi cacing tanah *endogaesis* pada tanah Ultisol mampu meningkatkan produksi kedelai dan pengembangan predator dapat menekan serangan hama-penyakit tular tanah dan meningkatkan produktivitas tanah. Tanah dengan tampilan vegetasi subur mengandung kepadatan populasi dan jenis fauna tanah relative lebih tinggi dari pada tanah dengan tampilan vegetasi sedang dan kurang subur (Subowo *et al.* 2011).

Rencana pemerintah perihal pengurangan subsidi pupuk anorganik (urea, KCl, dan SP-36) menyebabkan pupuk organik dan pupuk hayati menjadi salah satu alternatif pemupukan. Pemberian pupuk organik semata masih banyak mengalami kegagalan, karena rendahnya kandungan hara N, P, K. Pengkayaan pupuk organik dengan hayati tanah mampu meningkatkan kualitas pupuk organik untuk memulihkan kesuburan tanah sawah intensif dalam mendukung pertumbuhan dan produktivitas tanah. Aktivitas hayati tanah memiliki peranan penting dalam menjaga dinamika fisiko-kimia tanah. Pada penelitian ini diamati sistem pengelolaan tanah, produksi padi serta sifat fisik, kimia, dan biologi tanah pada lahan sawah intensif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari status sumberdaya hayati tanah dan peluang pemberdayaannya pada lahan sawah intensif.

## Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di lapang (lahan sawah intensif) pada tahun 2014. Pengamatan dilakukan dengan cara survei di 18 titik sampling masing-masing dari sembilan lokasi di Provinsi Jawa Barat (Desa Jatisari dan Desa Dukuh) dan Provinsi Banten (Desa Sawah Luhur, Desa Pipitan, dan Desa Citeureup) yang terdiri atas tiga lokasi dengan kriteria produksi tinggi, tiga lokasi produksi sedang, dan tiga lokasi dengan produksi rendah (Tabel 1). Kriteria lahan yang memiliki kemampuan produksi gabah tinggi yaitu produksi >7,0 ton gabah kering panen (GKP).ha<sup>-1</sup>, sedang >4,0-7,0 t GKP.ha<sup>-1</sup>, dan rendah <4,0 t GKP.ha<sup>-1</sup>. Inventarisasi data yang dilakukan meliputi sistem pengelolaan tanah (lama disawahkan, pola tanam, pemupukan), produksi saat survei (dengan ubinan), sifat fisika tanah, sifat kimia tanah, dan populasi hayati tanah (mikroba dan fauna tanah).

Tabel 1. Sistem pengelolaan lahan sawah di lokasi penelitian

Table 1. Systems of paddy field management in the study sites

No.	Lokasi/Desa	Produksi t GKP ha <sup>-1</sup> *	N ..... kg ha <sup>-1</sup> .....	P	K	Sistem pengelolaan lahan
Provinsi Jawa Barat						
1.JBt1	Desa Jati Sari 1 (6°21'22.1"S 107°30'56.9"E)	7,50	Urea: 200	Ponska: 200	KCl:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas: Ciherang.</li> <li>• Sudah dilakukan rotasi tanaman.</li> </ul>
2.JBt2	Desa Jati Sari 2 (6°21'22.0"S 107°30'56.0"E)	10,00	Urea: 200	Ponska: 200	KCl:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan pestisida sekali selama musim tanam.</li> <li>• Petani sudah mengenal pupuk hayati tetapi tidak rutin digunakan.</li> </ul>
3.JBt3	Desa Jati Sari 3 (6°21'22.5"S 107°30'55.7"E)	10,00	Urea: 200	Ponska: 200	KCl:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pernah terjadi serangan hama wereng.</li> </ul>
4.JBs1	Desa Dukuh 3 (6°34'06.8"S 106°39'22.5"E)	6,27	Urea: 200	Ponska: 300	Petroganik: 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas: Ciherang.</li> <li>• Sudah dilakukan rotasi tanaman.</li> </ul>
5.JBs2	Desa Dukuh 3 (6°34'07.5"S 106°39'21.9"E)	7,07	Urea: 200	Ponska: 300	Petroganik: 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan pestisida sekali selama musim tanam.</li> <li>• Pernah terjadi serangan hama tikus.</li> </ul>
6.JBs3	Desa Dukuh 3 (6°34'07.2"S 106°39'23.1"E)	6,42	Urea: 200	Ponska: 300	Petroganik: 500	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan pupuk hayati hanya setiap ada promosi saja.</li> </ul>
7.JBr1	Desa Dukuh 1 (6°34'09.1"S 106°39'16.2"E)	1,95	Urea: 200	TSP: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas: Ciherang.</li> <li>• Tidak menggunakan pupuk KCl.</li> </ul>
8.JBr2	Desa Dukuh 1 (6°34'09.5"S 106°39'16.7"E)	3,50	Urea: 200	TSP: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belum pernah menggunakan pupuk hayati.</li> <li>• Tidak ada rotasi tanam.</li> </ul>
9.JBr3	Desa Dukuh 1 (6°34'09.1"S 106°39'15.6"E)	3,23	Urea: 200	TSP: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terjadi serangan hama wereng dan walang sangit.</li> </ul>
Provinsi Banten						
10.Bt4	Desa Sawah Luhur 1 (6°03'50.1"S 106°11'57.3"E)	7,00	Urea: 200	Ponska: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas: Ciherang putih.</li> <li>• Lahan sawahnya merupakan lahan pertanian abadi, dengan saluran irigasi yang memadai.</li> </ul>
11.Bt5	Desa Sawah Luhur 2 (6°03'49.5"S 106°11'59.0"E)	6,50	Urea: 200	Ponska: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan pupuk kimianya sudah sesuai dengan dosis rekomendasi. Ketika musim hujan pemupukan hanya dilakukan setengah dosisnya.</li> </ul>
12.Bt6	Desa Sawah Luhur 3 (6°03'50.4"S 106°12'01.5"E)	6,25	Urea: 200	Ponska: 200	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pupuk hayati rutin digunakan setiap musim tanam, produk yang digunakan antara lain kuda laut dan NAP.</li> <li>• Tidak terjadi serangan hama.</li> </ul>
13.Bs4	Desa Pipitan 1 (6°08'34.8"S 106°13'55.5"E)	6,50	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas : Ciherang.</li> <li>• Pupuk kimia yang digunakan urea dan ponska, dosis yang digunakan lebih rendah dari dosis rekomendasi.</li> </ul>
14.Bs5	Desa Pipitan 2 (6°08'34.2"S 106°13'55.2"E)	5,75	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belum pernah digunakan pupuk hayati.</li> <li>• Irigasi kurang memadai.</li> <li>• Jarang dilakukan rotasi tanam.</li> </ul>
15.Bs6	Desa Pipitan 3 (6°08'34.5"S 106°13'55.3"E)	6,00	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belum pernah digunakan pupuk hayati.</li> <li>• Irigasi kurang memadai.</li> <li>• Jarang dilakukan rotasi tanam.</li> </ul>
16.Br4	Desa Citeureup 1 (6°06'10.9"S 106°13'51.8"E)	4,00	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varietas: Ciherang.</li> <li>• Dosis pemupukan di bawah dosis rekomendasi (tergantung daya beli petani).</li> </ul>
17.Br5	Desa Citeureup 2 (6°06'10.5"S 106°13'49.8"E)	4,75	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Belum pernah menggunakan pupuk hayati.</li> <li>• Tidak ada saluran irigasi, sistem pengairannya berasal dari saluran limbah rumah tangga.</li> </ul>
18.Br6	Desa Citeureup 3 (6°06'10.0"S 106°13'51.0"E)	3,50	Urea: ± 100-150	Ponska: ± 100-150	0	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sering terjadi banjir, karena sudah banyak dibangun perumahan di daerah yang menjadi resapan air.</li> <li>• Tidak ada rotasi tanam.</li> </ul>

Keterangan: \*GKP = gabah kering panen

Pengambilan contoh tanah dilakukan untuk analisis biologi, fisika dan kimia tanah. Contoh tanah diambil secara komposit dari lapisan olah (0-20 cm), sedangkan sampling untuk fauna dan sifat fisika tanah dilakukan saat panen padi. Adapun parameter yang diamati meliputi: pertumbuhan tanaman (saat primordial), produksi tanaman (saat panen), sifat fisik (tekstur, BD, ruang pori total, pori

drainase lambat dan permeabilitas), sifat kimia (pH, C organik, N, rasio C/N, P tersedia, P potensial, dan K), dan sifat biologi tanah (populasi cacing tanah, nematoda, aktivitas dehidrogenase, respirasi, *Rhizobium* sp., *Azotobacter* sp., pelarut fosfat, total fungi, dan plankton (*Oscillatoria* sp., *Synedra* sp., *Chlorophyta* sp., dan *Plaurasema*)). Pengamatan fauna tanah (cacing *epigaesis*)

dilakukan langsung di lapang secara *hand sorting*, sedangkan pengamatan populasi dan aktivitas mikroba tanah dilakukan di Laboratorium Biologi dan Kesehatan Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor. Populasi mikroba dihitung melalui seleksi. Penghitungan populasi pada contoh dilakukan dengan metode pengenceran serial. Pengamatan nematoda diawali dengan penyaringan bertingkat ekstrak tanah. Sampel untuk pengamatan plankton diambil dari hasil penyaringan air sawah dengan plankton net. Hasil penyaringan tersebut kemudian ditumbuhkan pada media ekstrak tanah kemudian diamati dengan mikroskop.

Semua parameter yang diamati dikorelasikan dengan produksi. Untuk menentukan parameter paling dominan berpengaruh terhadap produksi digunakan analisis korelasi-regresi. Parameter hayati tanah (populasi dan aktivitas organisme tanah) yang memiliki korelasi tertinggi dan nyata dengan produksi digunakan sebagai indikator produktivitas tanah. Uji regresi antara parameter hayati tanah dengan produksi padi ( $t \text{ GKP ha}^{-1}$ ) dilakukan untuk mendapatkan status hayati tanah. Pada status populasi hayati tanah dengan tingkat produksi padi rendah ( $< 4,0 t \text{ ha}^{-1}$ ) dapat dinyatakan sebagai batas populasi hayati tanah untuk tanah sawah dengan kriteria kesuburan tanah rendah.

## Hasil dan Pembahasan

### Karakteristik tanah sawah intensif di lokasi penelitian

Pengelolaan tanah pertanian intensif di lokasi penelitian di Provinsi Jawa Barat dengan kriteria produksi tinggi-sedang menghasilkan GKP lebih tinggi (6,28-10,00

$t \text{ ha}^{-1}$ ) dibandingkan Provinsi Banten (5,75-7  $t \text{ ha}^{-1}$ ) (Tabel 2 dan 3). Hal tersebut dapat disebabkan karena pada lokasi penelitian di Provinsi Jawa Barat menggunakan sistem rotasi tanam, aplikasi pupuk N (urea), P (SP-36), dan K (KCl/petroganik) sesuai dosis rekomendasi dan pupuk hayati (Tabel 1). Pada lokasi penelitian di Provinsi Jawa Barat yang memiliki kriteria produksi rendah menghasilkan GKP lebih rendah (1,95-3,5  $t \text{ ha}^{-1}$ ) dibandingkan Provinsi Banten (3,5-4,75  $t \text{ ha}^{-1}$ ), meskipun dengan sistem pengelolaan tanah yang sama. Rendahnya produksi GKP di Jawa Barat disebabkan oleh adanya serangan hama wereng dan walang sangit. Di Provinsi Banten, seluruh lokasi penelitian hanya menggunakan sistem pengelolaan tanah: tidak ada rotasi tanam, hanya menggunakan pupuk N (urea) dan P (SP-36), tidak menggunakan pupuk K dan pupuk hayati. Berdasarkan status hara tanah, kandungan K di Provinsi Banten lebih rendah, hara N dan P lebih tinggi, dan K lebih rendah dibandingkan Provinsi Jawa Barat.

Pada sistem pertanian sawah intensif sering dilakukan pengolahan tanah, pemupukan NPK, penggenangan secara terus menerus, dan pasokan pupuk organik sangat terbatas, sehingga kandungan bahan organik tanah rata-rata rendah (0,73-1,71% C). Las dan Setyorini (2010) menyatakan bahwa lahan pertanian di Indonesia, sekitar 73% memiliki kandungan C-organik tanah kurang dari 2% (kategori rendah).

Populasi sumberdaya hayati tanah sawah intensif di seluruh lokasi survei didominasi oleh populasi dari kelompok autotrof (Tabel 4 dan 5), sedangkan kelompok organisme heterotrof (fauna tanah) tidak banyak

Tabel 2. Data hasil pengamatan pertanaman padi di Provinsi Jawa Barat

Table 2. Data of paddy observation in West Java Province

No. Parameter	Produktivitas tinggi			Produktivitas sedang			Produktivitas rendah		
	1. JBt 1	2. JBt 2	3. JBt 3	4. JBs 1	5. JBs 2	6. JBs 3	7. JBr 1	8. JBr 2	9. JBr 3
1. Hasil GKP ( $t \text{ ha}^{-1}$ )	7,50	10,00	10,00	6,28	7,07	6,42	1,95	3,50	3,23
2. Berat jerami kering ( $\text{g rumpun}^{-1}$ )	114,20	101,50	95,70	70,50	34,50	70,10	45,00	51,00	57,50
3. Jumlah anakan	34	37	45	22	17	16	16	24	12
4. Jumlah malai	26,5	29,5	25	16,5	10	25,5	12	17	10
5. Tinggi tanaman (cm)	126,5	125	129,5	96	96	99	102	110	99,5

Tabel 3. Data hasil pengamatan pertanaman padi di Banten

Table 3. Data of paddy observation in Banten Province

No. Parameter	Produktivitas tinggi			Produktivitas sedang			Produktivitas rendah		
	10. Bt 4	11. Bt 5	12. Bt 6	13. Bs 4	14. Bs 5	15. Bs 6	16. Br 4	17. Br 5	18. Br 6
1. Hasil GKP ( $t \text{ ha}^{-1}$ )	7,00	6,50	6,25	6,50	5,75	6,00	4,00	4,75	3,50
2. Berat jerami kering/biomasa ( $\text{g rumpun}^{-1}$ )	106,30	120,70	73,60	43,30	50,30	45,70	36,10	42,50	41,40
3. Jumlah anakan	32	35	31	24	20	22	22	25	27
4. Jumlah malai	32	35	31	24	20	22	15	18	15
5. Tinggi tanaman (cm)	90	77	94	65	73	71	48	70	47

ditemukan. Mikroorganisme tanah fungsional yang ditemukan yaitu penambat N<sub>2</sub>-udara (bakteri maupun *blue green algae*), pelarut fosfat, dan perombak bahan organik. Populasi fauna tanah jarang ditemukan, hanya dari kelompok *Nematoda* dan cacing tanah epigaesis (*Perionyx* sp.). Populasi *Azotobacter* di Provinsi Jawa Barat cenderung lebih tinggi (3,43-7,36 log populasi gram<sup>-1</sup> tanah) dibanding di Provinsi Banten (2,36-4,70 log populasi gram<sup>-1</sup> tanah), karena kandungan P-nya lebih tinggi. Tsai *et al.* (1979) menyatakan bahwa P diperlukan dalam proses metabolisme *Azotobacter*.

### Korelasi antara produksi tanaman padi dengan karakteristik tanah (fisik, kimia, dan biologi) pada lahan sawah intensif

Analisis korelasi antara masing-masing parameter pengamatan disajikan dalam matrik korelasi (Tabel 6). Dari data analisis korelasi didapatkan bahwa ketersediaan hara N, P, dan K memiliki hubungan langsung dan sangat nyata dalam mempengaruhi produksi tanaman. Namun,

tidak ada korelasi antara sifat fisik tanah (tekstur, *bulk density*, ruang pori total, pori drainase lambat dan permeabilitas) terhadap produksi padi sawah karena pelumpuran dan penggenangan tanah sawah intensif.

Pada Tabel 2 dan 3 tampak bahwa populasi sumberdaya hayati tanah dan sifat fisik tanah tidak berkorelasi nyata terhadap produksi padi sawah intensif, namun aktivitasnya mempengaruhi kandungan hara tanah. Hal ini menunjukkan bahwa sumberdaya hayati tanah tidak berpengaruh secara langsung terhadap produksi padi intensif. Okur *et al.* (2009) menyatakan bahwa sintesis enzim dapat terhambat oleh adanya ion anorganik dari pupuk anorganik, sehingga tingginya kandungan hara N, P, dan K pada tanah sawah intensif dapat mengakibatkan menurunnya aktivitas biologi/enzim tanah. Mikanova *et al.* (2009) menyatakan bahwa pemberian pupuk anorganik cenderung menghambat aktivitas enzim nitrogenase, sehingga populasi bakteri penambat N<sub>2</sub>-udara seperti *Rhizobium* maupun *Azotobacter*, mikroorganisme pelarut P, fungi, dan biota air *Synedra*, *Chlorophyta*, dan

Tabel 4. Karakteristik biologi, kimia dan fisika tanah sawah di Provinsi Jawa Barat

Table 4. Characteristic of soil biology, chemistry, and physics in West Java Province

No. Parameter	Produktivitas tinggi			Produktivitas sedang			Produktivitas rendah		
	1.JBt 1	2.JBt 2	3.JBt 3	4.JBs 1	5.JBs 2	6.JBs 3	7.JBr 1	8.JBr 2	9.JBr 3
1. Cacing tanah/ <i>Perionyx</i> sp. (ekor m <sup>-2</sup> )	225	150	175	75	0	0	50	200	50
2. Nematoda (ekor.100g tanah <sup>-1</sup> )	27	15	10	30	10	20	5	20	15
3. Aktivitas <i>dehydrogenase</i> (µg.g tanah <sup>-1</sup> . hari <sup>-1</sup> )	11,63	141,54	23,62	75,64	147,75	52,57	10,46	25,15	63,03
4. Respirasi (mg C-CO <sub>2</sub> .g tanah <sup>-1</sup> . hari <sup>-1</sup> )	0	0	0	0,05	0,06	0,05	0,03	0,06	0,03
5. <i>Rhizobium</i> (log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	4,15	3,43	4,45	7,30	5,11	4,34	4,15	6,60	6,60
6. <i>Azotobacter</i> (log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	4,46	3,43	4,45	7,75	5,36	5,45	7,36	4,57	6,67
7. Bakteri pelarut P (log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	4,47	0	6,20	2,11	4,26	5,37	3,00	3,27	5,32
8. Total fungi (log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	3,23	2,26	3,48	4,00	3,62	3,37	3,37	3,36	3,40
9. <i>Oscillatoria</i> sp. (sel ml <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0,12	0,04	0	0	0
10. <i>Synedra</i> sp. (sel ml <sup>-1</sup> )	0,12	0	0,04	0	0	0	0,12	0	0
11. <i>Chlorophyta</i> sp. (sel ml <sup>-1</sup> )	0	0,04	0,08	0,04	0	0,04	0,20	0	0
12. <i>Plaurasema</i> (sel ml <sup>-1</sup> )	0	0,04	0	0	0	0	0	0,12	0,04
13. pH (H <sub>2</sub> O)	4,56	4,56	4,56	4,62	4,62	4,62	4,64	4,64	4,64
14. C-Org (%)	2,14	2,14	2,14	2,04	2,04	2,04	2,16	2,16	2,16
15. N (%)	0,19	0,19	0,19	0,15	0,15	0,15	0,12	0,12	0,12
16. C/N	11	11	11	14	14	14	17	17	17
17. P tersedia (ppm)	5	5	5	32	32	32	45	45	45
18. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> potensial (mg 100g <sup>-1</sup> )	57	57	57	104	104	104	72	72	72
19. K <sub>2</sub> O potensial (mg 100g <sup>-1</sup> )	37	37	37	11	11	11	7	7	7
20. Pasir (%)	5	5	5	15	15	15	15	15	15
21. Debu (%)	22	22	22	29	29	29	26	26	26
22. Liat (%)	73	73	73	56	56	56	59	59	59
23. BD (g.cm <sup>-3</sup> )	0,91	0,90	0,97	0,90	0,73	1,00	0,77	0,65	0,75
24. Ruang pori total (% volume)	61,70	60,90	59,20	61,90	57,10	57,40	63,70	65,00	67,50
25. Pori drainase lambat (% volume)	3,60	5,60	4,60	5,30	6,60	4,40	6,10	4,10	3,30
26. Permeabilitas (cm jam <sup>-1</sup> )	0,07	2,16	1,09	0,37	0,56	0,12	2,77	0,71	4,72

Keterangan: 0 = tidak terdeteksi/tidak ditemukan

Tabel 5. Karakteristik biologi, kimia, dan fisika tanah sawah di Provinsi Banten

Table 5. Characteristics of soil biology, chemistry, and physics in Banten Province

No.	Parameter	Produktivitas tinggi			Produktivitas sedang			Produktivitas rendah		
		10.Bt 4	11.Bt 5	12.Bt 6	13.Bs 4	14.Bs 5	15.Bs 6	16.Br 4	17.Br 5	18.Br 6
1.	Cacing tanah/ <i>Perionyx</i> , <i>sp</i> (ekor.m <sup>-2</sup> )	75	225	125	75	25	50	375	75	150
2.	Nematoda (ekor.100 g tanah <sup>-1</sup> )	1	3	3	2	0	1	1	0	0
3.	Aktivitas <i>dehydrogenase</i> (µg.g tanah <sup>-1</sup> . hari <sup>-1</sup> )	31,90	13,89	72,79	31,84	0	21,36	68,94	325,82	31,93
4.	Respirasi (mg C-CO <sub>2</sub> .g tanah <sup>-1</sup> . hari <sup>-1</sup> )	0,04	0,03	0,03	0,03	0	0	0	0,03	0,02
5.	<i>Rhizobium</i> (- log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	3,23	4,49	4,37	6,26	6,41	3,27	3,40	4,34	0
6.	<i>Azotobacter</i> (- log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	3,07	3,34	4,70	2,36	3,20	3,11	3,30	3,23	4,11
7.	Bakteri pelarut P (- log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	0	4,63	3,27	4,25	6,73	3,00	3,34	3,27	5,32
8.	Total fungi (-log populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	3,52	2,23	0	4,77	3,30	0	3,20	2,36	2,36
9.	<i>Oscillatoria</i> sp. (sel. ml <sup>-1</sup> )	0	0	0,08	0,04	0	0	0	0	0
10.	<i>Synedra</i> sp. (sel. ml <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0	0	0	0,12	0
11.	<i>Chlorophyta</i> sp. (sel. ml <sup>-1</sup> )	0	0	0,08	0,04	0	0	0,04	0,12	0,04
12.	<i>Plaurasema</i> (sel. ml <sup>-1</sup> )	0	0	0	0	0,04	0,04	0	0	0
13.	pH (H <sub>2</sub> O)	4,57	4,57	4,57	5,00	5,00	5,00	5,36	5,36	5,36
14.	C-Org (%)	1,71	1,71	1,71	0,73	0,73	0,73	1,20	1,20	1,20
15.	N (%)	0,11	0,11	0,11	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06
16.	C/N	17	17	17	22	22	22	22	22	22
17.	P tersedia (ppm)	12	12	12	4	4	4	35	35	35
18.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> potensial (mg.100g <sup>-1</sup> )	34	34	34	15	15	15	56	56	56
19.	K <sub>2</sub> O potensial (mg.100g <sup>-1</sup> )	5	5	5	5	5	5	10	10	10
20.	Pasir (%)	9	9	9	39	39	39	33	33	33
21.	Debu (%)	72	72	72	39	39	39	46	46	46
22.	Liat (%)	9	9	9	22	22	22	21	21	21
23.	BD (g.cm <sup>-3</sup> )	0,97	1,06	1,07	0,75	1,07	1,00	0,99	0,99	1,07
24.	Ruang pori total (% volume)	57,70	56,00	54,60	63,70	53,60	57,70	56,40	57,40	46,70
25.	Pori drainase lambat (% volume)	5,40	7,70	7,50	7,00	7,50	6,70	7,60	7,70	7,10
26.	Permeabilitas (cm.jam <sup>-1</sup> )	16,95	3,91	2,45	2,76	2,75	11,09	21,51	16,71	12,63

Keterangan: 0 = tidak terdeteksi/tidak ditemukan

*Plaurasema* dapat berkorelasi negatif dengan produksi padi (Tabel 4). Dalam penelitian ini, aktivitas biologi tanah dan populasi Nematoda berpengaruh nyata terhadap kandungan C, N, P tanah, dan *Azotobacter* dengan kandungan C dan P tanah.

### Kesimpulan

1. Populasi sumberdaya hayati tanah sawah intensif di seluruh lokasi survei didominasi oleh populasi dari kelompok autotrof, sedangkan kelompok organisme heterotrof (fauna tanah) tidak banyak ditemukan. Mikroorganisme tanah fungsional yang ditemukan yaitu penambat N<sub>2</sub>-udara (bakteri maupun *blue green algae*), pelarut fosfat, dan perombak bahan organik. Populasi fauna tanah jarang ditemukan, hanya dari kelompok *Nematoda* dan cacing tanah epigeaesis (*Perionyx* sp.).

2. Populasi sumberdaya hayati tanah tidak berpengaruh secara langsung terhadap produksi padi sawah intensif, namun aktivitasnya mempengaruhi kandungan hara tanah. Aktivitas biologi tanah dan populasi Nematoda berpengaruh nyata terhadap kandungan C, N, dan P tanah, sedangkan populasi *Azotobacter* berpengaruh nyata terhadap kandungan C dan P tanah.

3. Tingginya penggunaan pupuk anorganik N, P, dan K pada tanah sawah intensif mengakibatkan menurunnya aktivitas biologi tanah. Untuk pemulihan sumberdaya hayati tanah, terbuka peluang pemanfaatan pupuk hayati. Selain mengembalikan fungsi sumberdaya hayati tanah, penggunaan pupuk hayati dapat menghemat penggunaan pupuk anorganik.

### Daftar Pustaka

Acosta-Martínez, V., D. Leo Cruz, L. Sotomayor-Ramírez, and Perez-Alegria. 2007. Enzyme activities as affected by soil properties and land use in a tropical watershed. *Applied Soil Ecology* 35:35-45.

Tabel 6. Korelasi antar parameter tanah sawah intensifikasi  
 Table 6. Correlation between parameters of intensive paddy soil

Parameter	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31						
1 Hasil gabah kering panen (ton ha <sup>-1</sup> )	1																																				
2 Berat serasi kering (t.rumpon <sup>-1</sup> )	0,63**	1																																			
3 Jumlah anakan	0,70**	0,72**	1																																		
4 Jumlah malai	0,63**	0,79**	0,71**	1																																	
5 Tinggi tanaman (cm)	0,49*	0,56*	0,34	0,21	1																																
6 Cacing tanah/ <i>Pervioxy</i> sp. (ekor.m <sup>-2</sup> )	0,02	0,26	0,49*	0,20	-0,08	1																															
7 Nematoda (ekor.100 g tanah <sup>-1</sup> )	0,21	0,29	-0,07	-0,09	0,66**	-0,06	1																														
8 Aktivitas dehidrogenase (µg TPF.g tanah <sup>-1</sup> .hari <sup>-1</sup> )	0,05	-0,27	-0,10	-0,19	-0,11	-0,21	-0,13	1																													
9 Respirasi (mg C-CO <sub>2</sub> .g tanah <sup>-1</sup> .hari <sup>-1</sup> )	0,22	-0,22	-0,47	-0,35	0,64*	-0,35	0,72**	-0,01	1																												
10 Rhizobium (loe populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	-0,01	-0,07	-0,31	-0,17	0,30	-0,26	0,53*	0,04	0,48	1																											
11 Azotobacter (loe populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	-0,32	-0,10	-0,43	-0,50*	0,40	-0,29	0,57*	-0,12	0,37	0,33	1																										
12 Bakteri Pelarut P (loe populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	-0,15	-0,22	-0,17	-0,25	-0,14	-0,07	0,03	-0,21	-0,04	0,14	0,05	1																									
13 Total fungi (loe populasi.g tanah <sup>-1</sup> )	-0,03	-0,05	-0,19	-0,31	0,13	-0,06	0,36	-0,09	0,46	0,43	0,22	0,15	1																								
14 Oscillatoria Sp (sel.ml <sup>-1</sup> )	0,17	-0,25	-0,21	-0,07	0,03	-0,35	-0,07	0,18	0,39	0,11	0,10	0,10	-0,07	1																							
15 Sphera Sp (sel.ml <sup>-1</sup> )	-0,15	0,06	0,08	-0,13	0,26	0,03	0,05	0,27	-0,30	-0,09	0,17	0,02	0,07	-0,23	1																						
16 Chlorovibrio Sp (sel.ml <sup>-1</sup> )	-0,27	-0,22	-0,03	-0,19	0,05	-0,09	-0,25	0,24	-0,37	-0,15	0,32	-0,09	-0,04	-0,05	0,62**	1																					
17 Pseudomonas Sp (sel.ml <sup>-1</sup> )	-0,20	-0,15	-0,14	-0,17	0,21	0,05	0,27	-0,11	0,41	0,34	-0,05	-0,06	-0,07	-0,24	-0,26	-0,34	1																				
18 pH (H <sub>2</sub> O)	-0,42	-0,64**	-0,23	-0,36	-0,83**	0,19	-0,55*	0,36	-0,46	-0,37	-0,43	0,18	-0,09	-0,21	0,05	0,12	-0,11	1																			
19 C-Org (%)	0,15	0,44	0,13	-0,02	0,81**	0,05	0,68**	-0,11	0,58*	0,17	0,66**	-0,17	0,22	0,08	0,19	0,12	0,08	-0,76**	1																		
20 N (%)	0,53*	0,61**	0,38	0,19	0,90**	0,07	0,72**	-0,09	0,70*	0,11	0,47	-0,15	0,19	0,10	0,18	0,02	-0,05	-0,78**	0,90**	1																	
21 C/N	-0,60**	-0,65**	-0,40	-0,25	-0,91**	-0,02	-0,71**	0,13	-0,70*	-0,15	-0,43	0,15	-0,18	-0,14	-0,13	0,03	0,05	0,82**	-0,86**	-0,99**	1																
22 P tersedia (ppm)	-0,76**	-0,52*	-0,63**	-0,73**	-0,13	-0,04	0,13	0,20	0,35	0,09	0,61**	0,03	0,24	0,00	0,12	0,29	0,18	0,16	0,34	-0,03	0,12	1															
23 P <sub>o</sub> potensial (mg.100 g tanah <sup>-1</sup> )	-0,10	-0,11	-0,34	-0,47*	0,37	-0,15	0,65**	0,20	0,74**	0,17	0,75**	-0,01	0,37	0,25	0,09	0,13	-0,05	-0,29	0,71**	0,59*	-0,53*	0,67**	1														
24 K <sub>o</sub> potensial (mg.100 g tanah <sup>-1</sup> )	0,66**	0,52*	0,63**	0,23	0,67**	0,31	0,44	0,03	0,48	-0,17	-0,01	-0,04	0,10	-0,17	0,33	0,03	-0,08	-0,30	0,45	0,73**	-0,72**	-0,36	0,18	1													
25 Pasir (%)	-0,42	-0,74**	-0,44	-0,37	-0,82**	-0,13	-0,51*	0,19	-0,31	-0,07	-0,41	0,26	-0,05	-0,10	-0,12	-0,02	0,05	0,86**	-0,90**	-0,91**	0,90**	0,02	-0,42	-0,51*	1												
26 Debu (%)	-0,06	0,20	0,22	0,52*	-0,50*	0,15	-0,63**	-0,01	-0,59*	-0,29	-0,43	-0,20	-0,41	0,10	-0,25	-0,09	-0,30	0,14	-0,37	-0,44	0,42	-0,22	-0,51*	-0,53*	0,08	1											
27 Liat (%)	0,24	0,16	0,02	-0,28	0,80**	-0,06	0,76**	-0,06	0,71**	0,26	0,55*	0,05	0,38	-0,05	0,28	0,09	0,23	-0,50*	0,73**	0,79**	-0,76**	-0,19	0,63**	0,69**	-0,52*	-0,89**	1										
28 BD (g.cm <sup>-3</sup> )	0,23	0,28	0,37	0,50*	-0,36	0,16	-0,35	0,05	-0,57	-0,51*	-0,38	0,14	-0,52**	-0,18	-0,08	-0,01	-0,43	0,30	-0,41	-0,24	0,22	-0,43	-0,39	0,01	0,15	0,56*	-0,54*	1									
29 Ruang Pori Total (% volume)	-0,05	0,08	-0,20	-0,18	0,55*	-0,08	0,50*	-0,10	0,33	0,66**	0,39	-0,21	0,41	-0,14	0,21	0,06	0,36	-0,47*	0,46	0,35	-0,35	0,20	0,23	0,14	-0,31	-0,51*	0,57*	-0,78**	1								
30 Pori drainase lambat (% volume)	-0,12	-0,33	0,01	0,09	-0,74**	0,07	-0,76**	0,32	-0,53	-0,28	-0,48*	-0,01	-0,36	0,20	-0,11	0,21	-0,33	0,59**	-0,70**	-0,67**	0,66**	-0,18	-0,47*	-0,44	0,56*	0,60**	-0,76**	0,48*	-0,63**	1							
31 Permeabilitas (cm.100 <sup>-1</sup> )	-0,31	-0,25	-0,03	-0,08	-0,67**	0,31	-0,66**	0,28	-0,55	-0,53*	-0,45	-0,28	-0,20	-0,31	0,02	0,05	-0,19	0,71**	-0,50*	-0,58*	0,63**	0,13	-0,31	-0,29	0,47*	0,47*	-0,60**	0,37	-0,38	0,44	1						

Keterangan: \* korelasi signifikan pada taraf 1%  
 \*\* korelasi signifikan pada taraf 5%

Adesemoye, A.O., H.A. Torbert, and J.W. Kloepper. 2009. plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microb. Ecol.* 58:921-929.

Anwar, E.K. 2007. Pengaruh inokulan cacing tanah dan pemberian bahan organik terhadap kesuburan dan produktivitas tanah Ultisols. *Jurnal Tanah Tropika* 12(2): 121-130.

Anwar, E.K. dan Subowo. 2010. Peranan cacing tanah dalam meningkatkan kesuburan dan aktivitas hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 4(2):93-102.

Anwar, E.K. dan Subowo. 2011. Effectiveness of commercial biofertilizer on fertilization efficiency in ultisols for the growth and yield of caisim. *J. Trop Soils* 16(3):191-199.

Bormann, B.T. and R.C. Sidle. 1990. Changes in productivity and distribution of nutrients in a chronosequence at Glacier Bay National Park, Alaska. *J Ecol.* 78:561-578.

Chapin, F.S., L.R.Walker, C.L. Fastie, and L.C. Sharman. 1994. Mechanisms of primary succession following deglaciation at Glacier Bay, Alaska. *Ecol Monogr* 64:149-175.

Chen, Y.P., P.D. Rekha, A.B. Arunshen, W.A. Lai, and C.C. Young. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl. Soil Ecol.* 34:33-41.

Dinesh, R., V. Srinivasan, S. Hamza, and A. Manjusha. 2010. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. *Bioresource Technology* 101:4697-4702.

Giller. K.E., M.H. Beare, P. Lavelle, A.M.B. Izac, and M.J. Swift. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity, and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6:3-16.

Gil-Sotres, F., C. Trasar-Cepedab, M.C. Leiro'sa, and S. Seoane. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. *Soil Biology & Biochemistry* 37: 877-887.

Jilani, G., A. Akram, R.M. Ali, F.Y. Hafeez, I.H. Shamsi, A.N. Chaudhry, and A.G. Chaudhry. 2007. Enhancing crop growth, nutrients availability, economics and beneficial rhizosphere microflora through organic and biofertilizers. *Ann. Microbiol.* 57:177-183.

Kader, M.A., M.H. Mian, and M.S. Hoque, 2002. Effects of Azotobacter inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Science* 2(4):259-261.

Kang, S.C., C.G. Hat, T.G. Lee and D.K. Maheshwari. 2002. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil-inhabiting fungus *Fomitopsis* sp. *PS 102. Curr. Sci.* 82:439-442.

Katupitiya, S. and Vlassak. 1990. Colonization of weed roots by *Azospirillum brasilense*. In *Organic Recycling in Asia and Pasific*. Rappa Bull.6-8.

Las, I. dan D. Setyorini. 2010. Kondisi lahan, teknologi, arah dan pengembangan pupuk majemuk NPK dan pupuk organik. *Semnas Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produksi dan Swasembada Beras Berkelanjutan*. Balai Besar Litbang Lahan Pertanian, Bogor 24 Februari 2010. 47 hlm. (*unpublished*).

- Mikanova, O., S. Ustak, and A. Czako. 2009. Utilization of microbia inoculation and compost for revitalization of soils. *Soils and water Res.* 4(3):126-130.
- Okur, N., A. Altindisli, M. Cengel, S. Gocmez, and H.H. Kayikcioglu. 2009. Microbial biomass and enzyme activity in vineyard soils under organic and conventional farming systems. *Turk J Agric For* 33:413-423.
- Pradhan, N. and L.B. Sukla. 2005. Solubilization of inorganic phosphate by fungi isolated from agriculture soil. *African J. Biotechnol.* 5:850-854.
- Rao, N.S.B. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 353 hlm.
- Singh, R.K. , P.N.M. Ravi, K.J. Hemanth. K.S.S.P Vinod, B.R. Sasi, and Kanipalli. 2006. Isolation and identification of natural endophytic rhizobia from rice (*Oryza sativa* L.) through rDNA PCR RFLP and sequence analysis. *Curr. Microbial.* 52:345-349.
- Subowo, E. Santosa, dan I. Anas. 2010. Peranan biologi tanah dalam evaluasi kesesuaian lahan pertanian kawasan megabiodiversity tropika basah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 4(2):57-68.
- Subowo. 2010. Strategi efisiensi penggunaan bahan organik untuk kesuburan dan produktivitas tanah melalui pemberdayaan sumberdaya hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 4(1):13-25.
- Tsai, J.C., S.L. Aladegbami, and G.R. Vela. 1979. Phosphate-limited culture of *Azotobacter vinelandii*. *Journal of Bacteriology* 139, 639-645. *Dalam* Comparison of different strategies for isolation and preliminary identification of Azotobacter from soil samples (*L. Aquilantia*, *F. Favillib*, *F. Clementia*). *Soil Biology & Biochemistry* 36 (2004) 1475–1483
- Yazdani M., M.A. Bahmanyar, H. Pirdashti, and M.A. Esmaili. 2009. Effect of Phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of Corn (*Zea mays* L.). *Proc. World Acad. Science, Eng. Technol.* 37:90-92.