

PENGARUH PEMBERIAN BERBAGAI DOSIS PUPUK FOSFAT DAN SISTEM TANAM TERHADAP pH, P-TERSEDIA TANAH, DAN SERAPAN P TANAMAN PADI SAWAH

Endang Kantikowati

Program Doktor Ilmu Pertanian

Universitas Padjadjaran

Email Korespondensi : endangkantikowati@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfat dan berbagai sistem tanam terhadap pH, P-Tersedia tanah dan Serapan P tanaman padi sawah. Percobaan dilaksanakan di SLPP (Sanggar Penelitian Latihan Pengembangan Pertanian (SLPP) UNPAD Jl. Laswi Baleendah Kecamatan Jelekong, Kabupaten Bandung. Ketinggian tempat 628 m diatas permukaan laut pada bulan Mei 2012 sampai Agustus 2012. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah pupuk fosfat ($p_0=0$, $p_1=25$ kg ha⁻¹, $p_2=50$ kg ha⁻¹, $p_3=75$ kg ha⁻¹, dan $p_4=100$ kg ha⁻¹) dan faktor kedua adalah sistem tanam (st_1 = sistem tanam tegel, st_2 = sistem tanam legowo 2:1, dan st_3 = sistem tanam kembar). Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada ketiga sistem tanam pengaruh kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH tanah, akan tetapi terdapat pengaruh nyata terhadap P-Tersedia tanah dengan hasil tertinggi sebesar 44,27 ppm dan Serapan P tanaman dengan hasil tertinggi sebesar 268,83 mg tanaman⁻¹ pada sistem tanam kembar.

Kata kunci : pH tanah, P-tersedia, serapan P, padi, sistem tanam kembar

Abstract

The study aimed to determine the effect of phosphate fertilizers and planting systems on pH, P available and P uptake in rice plants. The experiment has been conducted at Experimental Station and Training Center For Agriculture Development, Padjadjaran University at Jelekong district, Bandung Regency, West Java at 628 m above sea level, from May 2012 until August 2012. It was arranged in Factorial Design with three replications. The first factor was planting system (conventional, legowo 2:1, and twin seedling) and the second factor was phosphate fertilizer (0 kg ha⁻¹; 25 kg ha⁻¹; 50 kg ha⁻¹; 75 kg ha⁻¹; and 100 kg ha⁻¹). The experimental results has indicated that there are no interactions on both factor on pH, but there are an interactions on both factor on P-available with the highest yield at 44, 27 ppm and P uptake of plants with the highest yield of 268.83 mg plant⁻¹ in twin seedling planting systems.

Keywords : pH, P - available, P uptake, rice, twin seedling planting system

Pendahuluan

Padi mempunyai peranan strategis yang memiliki multi fungsi bukan hanya sebagai bahan pokok pangan, sumber kehidupan, lapangan berusaha, tetapi berfungsi luas terhadap pengembangan ekonomi, stabilitas sosial, dan keamanan. Indonesia dengan jumlah penduduk sekitar 241 jiwa membutuhkan ketersediaan beras yang cukup besar, dan diperkirakan akan meningkat terus baik jumlah maupun kualitas di masa mendatang, sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan tingkat kesejahteraan (Badan Pusat Statistik, 2012).

Peningkatan produksi beras saat ini menghadapi berbagai masalah diantaranya adalah penurunan produktivitas lahan. Penyebab penurunan adalah ketidakterpaduan pengelolaan lahan dan kurangnya perhatian terhadap upaya pelestarian lahan dan lingkungan. Eksploitasi lahan sawah secara intensif telah berlangsung lama sehingga berdampak terhadap penurunan tingkat kesuburan tanah, kecenderungan penggunaan pupuk anorganik, dan terangkutnya jerami padi keluar areal pertanaman menyebabkan turunnya kandungan bahan organik tanah dan kemampuan tanah melepaskan hara dan air bagi tanaman, akibatnya produktivitas lahan semakin menurun (Las *et al.*, 2010).

Salah satu usaha untuk meningkatkan produksi padi

dilakukan melalui pemupukan fosfat. Fosfat sangat diperlukan tanaman padi terutama pada saat awal pertumbuhan dan bersifat immobile dalam jaringan tanaman. Hara P berfungsi memacu pembentukan akar, penambahan jumlah anakan, mempercepat pembungaan, dan pemasakan gabah, terutama bila suhu udara rendah. Tanaman yang kekurangan hara P lebih pendek, daun berwarna gelap, anakan sedikit, batang tipis, dan jumlah biji per malai lebih sedikit daripada tanaman normal (Makarim *et al.*, 2006).

Ketersediaan fosfat yang rendah dapat diatasi dengan pemberian bahan organik. Pemberian kompos jerami padi sangat membantu dalam memperbaiki tanah yang terdegradasi, karena dapat mengikat unsur hara yang mudah hilang serta membantu dalam penyediaan unsur hara sehingga efisiensi pemupukan menjadi lebih tinggi. Hasil maksimum akan dicapai apabila pemakaian pupuk organik diimbangi dengan pupuk anorganik.

Peningkatan produksi padi dapat dilakukan dengan cara merekayasa sistem tanam, yaitu menambah populasi dan perluasan areal dengan tetap memperhatikan interaksi ekosistem tanaman dalam memenuhi kebutuhan unsur hara, air, dan sinar matahari. Sistem tanam yang dikenal di Indonesia yaitu sistem tegel, sistem legowo, dan sistem tanam yang

baru yaitu sistem tanam kembar (*twin seedling*). Sistem tanam tegel adalah cara tanam yang sudah lama digunakan oleh petani yang merupakan peralihan dari sistem tanam yang tidak beraturan, sedangkan sistem tanam kembar (*twin seedling*) adalah penanaman dua bibit per lubang tanam dengan jarak sekitar 5 cm. Hasil penelitian Simarmata (2008), pada sistem tanam kembar dengan jarak tanam 30 cm x 35 cm terjadi peningkatan produksi yaitu 6-8 ton ha⁻¹ atau meningkat sebesar 50% dibandingkan dengan cara konvensional.

Upaya perbaikan cara tanam dengan menerapkan sistem tanam tegel dengan jarak tanam 20 x 20 cm dan sistem tanam legowo dengan jarak tanam (20 x 10 x 40) cm dapat menghasilkan 7,5 ton ha⁻¹ GKG (Husin *et al.*, 2009). Mengingat berbagai permasalahan yang muncul dalam teknik budidaya tanaman padi, maka diperlukan penelitian mengenai pemberian pupuk anorganik (fosfat) dan pupuk organik pada berbagai sistem tanam, dengan maksud mengurangi penggunaan dosis pupuk anorganik dan menetapkan sistem tanam yang terbaik tanpa menurunkan produksi padi.

Metode

Percobaan dilaksanakan pada lahan sawah dengan ketinggian tempat ±628 dpl, di Sanggar Penelitian Latihan Pengembangan Pertanian (SPLPP) UNPAD, Jalan Laswi, Baleendah, Kecamatan Jelekong, Kabupaten Bandung. Lokasi penelitian memiliki orde tanah Andisol dan tipe curah hujan C3 menurut klasifikasi Oldeman. Percobaan dilaksanakan pada mulai Mei 2012 sampai dengan Agustus 2012.

Faktor yang diuji adalah dosis pupuk fosfat yang terdiri dari lima taraf dan sistem tanam yang terdiri dari tiga taraf. Sistem tanam yang diuji adalah sistem tanam tegel, legowo 2:1, dan sistem tanam kembar (*twin seedling*) (st₁, st₂, dan st₃)

Faktor I : Dosis pupuk fosfat

p₀ = 0 kg ha⁻¹

p₁ = 25 kg ha⁻¹

p₂ = 50 kg ha⁻¹

p₃ = 75 kg ha⁻¹

p₄ = 100 kg ha⁻¹

Faktor II : Sistem tanam

st₁ = Sistem tanam tegel (25 x 25) cm

st₂ = Sistem tanam legowo 2:1

st₃ = Sistem tanam kembar

Parameter yang diamati adalah: (1) pH tanah (2) P-Tersedia Tanah (3) Serapan P Tanaman. Data dianalisis dengan menggunakan Anova dan untuk melihat perbedaan antar perlakuan digunakan Uji Duncant pada α 5%.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berbagai sistem tanam dan dosis pupuk fosfat tidak berinteraksi terhadap nilai pH (Tabel 1). Nilai pH tidak dipengaruhi oleh perubahan lingkungan yang diakibatkan oleh perbedaan sistem tanam dan

pemberian dosis fosfat. Nilai kemasaman tanah (pH)

Tabel 1. Pengaruh Mandiri Dosis Pupuk Fosfat dengan Berbagai Sistem Tanam terhadap Nilai pH

Perlakuan	Nilai pH
Sistem Tanam	
st ₁ (sistem tanam tegel)	6,44 a
st ₂ (sistem tanam legowo)	6,59 a
st ₃ (sistem tanam kembar)	6,57 a
Dosis Pupuk Fosfat	
p ₀ (0 kg ha ⁻¹)	6,49 a
p ₁ (25 kg ha ⁻¹)	6,56 a
p ₂ (50 kg ha ⁻¹)	6,54 a
p ₃ (75 kg ha ⁻¹)	6,51 a
p ₄ (100 kg ha ⁻¹)	6,57 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf uji 0,05.

merupakan indikator sifat reaksi yang dinilai berdasarkan konsentrasi ion H⁺. Pengaruh penggenangan secara keseluruhan pada tanah masam menyebabkan kenaikan pH, sedang pada tanah alkalis menyebabkan penurunan pH. Penggenangan menyebabkan pH semua tanah mendekati 6,5-7. Penyanggaan pH pada tanah masam adalah karena sistem redoks Fe dan Mn sedang pada tanah alkali adalah karena penyanggaan asam karbonat.

Reaksi redoks meliputi konsumsi atau menghasilkan ion H⁺ atau OH⁻. Naiknya pH tanah yang digenangi adalah karena reduksi Fe³⁺ menjadi Fe²⁺, terjadi pembebasan OH⁻ dan konsumsi H⁺ (Hardjowigeno dan Rayes, 2001). Penurunan pH awal disebabkan akumulasi CO₂ dan juga oleh terbentuknya asam organik. Kenaikan berikutnya bersamaan dengan reduksi tanah dan ditentukan oleh a) pH awal dari tanah; b) macam dan kandungan komponen tanah teroksidasi terutama Fe dan Mn; c) kandungan bahan organik (Sutami dan Djakamihardja, 1990 dalam Prasetyo *et al.*, 2004).

Perubahan pH dapat diakibatkan aktivitas pada akar tanaman. Pada proses penyerapan hara, akar tanaman dari varietas tertentu menyerap hara kation (muatan listrik +) lebih banyak daripada anion (muatan listrik -) akar selalu melepas ion H⁺ ke medium (tanah) guna mempertahankan keseimbangan muatan listrik di dalam tanaman dan tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya pemasaman di lingkungan perakaran sehingga ion Al³⁺ lebih larut. Varietas seperti ini biasanya bersifat peka terhadap keracunan Al. Pada varietas lainnya, penyerapan hara anion lebih banyak daripada kation sehingga ion bikarbonat (HCO₃⁻) dilepaskan akar ke medium, yang selanjutnya dengan air terlepas ion hidroksil (OH⁻), yang menyebabkan kenaikan pH. Mekanisme ini menyebabkan varietas tanaman lebih toleran terhadap kemasaman tanah dan keracunan Al. Kation utama yang diserap akar adalah NH₄⁺, K⁺, dan Ca²⁺, sedangkan anion utamanya adalah NO₃⁻, H₂PO₄⁻, Cl⁻, dan SO₄²⁻ (Yoshida, 1981).

Tabel 2. Pengaruh Interaksi antara Dosis Pupuk Fosfat dengan Berbagai Sistem Tanam terhadap P-tersedia tanah (ppm)

Perlakuan	Dosis Pupuk Fosfat						
	p ₀ (0 kg ha ⁻¹)	p ₁ (25 kg ha ⁻¹)	p ₂ (50 kg ha ⁻¹)	p ₃ (75 kg ha ⁻¹)	p ₄ (100 kg ha ⁻¹)		
st ₁ (Tegel)	33,77 A	Ab A	.a A	38,43 A	Ab A	40,07 a	40,43 Aa
st ₂ (Legowo)	25,30 A	Aa B	.a B	40,40 B	Bb B	40,97 a	41,07 Aa
st ₃ (Kembar)	42,63 B	Aa B	.a AB	36,07 Aa	Aa A	30,40 a	30,20 Aa

Tabel 2. Pengaruh Interaksi antara Dosis Pupuk Fosfat dengan Berbagai Sistem Tanam terhadap P-tersedia tanah (ppm)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan berbagai sistem tanam dan dosis pupuk fosfat berinteraksi terhadap P tersedia (Tabel 2) dan serapan P (Tabel 3). P-tersedia dalam tanah dapat diartikan sebagai P tanah yang dapat diekstraksi oleh air dan asam sitrat. Unsur P diserap oleh akar tanaman dalam bentuk ortofosfat primer ($H_2PO_4^-$) atau sekunder (HPO_4^{2-}) yang berada dalam larutan tanah.

Penggenangan pada penanaman padi sawah secara nyata akan mempengaruhi perilaku unsur hara esensial dan pertumbuhan serta hasil padi. Perubahan kimia yang disebabkan oleh penggenangan tersebut sangat mempengaruhi dinamika dan ketersediaan hara padi. Transformasi kimia yang terjadi erat dengan kegiatan mikroba tanah yang menggunakan oksigen sebagai sumber energinya dalam proses respirasi. Kondisi reduksi akibat penggenangan akan merubah aktivitas mikroba tanah yaitu mikroba aerob akan digantikan oleh mikroba anaerob (Prasetyo *et al.*, 2004).

Respon tanaman terhadap pemupukan fosfat tidak sama antar padi sawah dengan tanaman lahan kering. Meskipun masalah kekahatan P tidak umum pada tanah sawah, akan tetapi Diamond (1985) menyatakan bahwa tanah Ultisol, Oxisol, Inceptisol, dan sulfat masam, hal tersebut merupakan masalah penting pada tanaman padi. Ketersediaan P yang lebih besar pada kondisi tergenang dibandingkan dengan kondisi aerob umumnya disebabkan oleh perubahan redoks dalam tanah dan resultan perubahan status Fe dalam tanah. Pada awal penggenangan konsentrasi P dalam larutan tanah meningkat kemudian menurun untuk semua jenis tanah, tetapi nilai tertinggi dan waktu terjadinya bervariasi tergantung sifat tanah (Yoshida, 1981). Peningkatan ketersediaan P akibat penggenangan disebabkan oleh pelepasan P yang dihasilkan selama proses reduksi.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa, peningkatan pemberian dosis pupuk fosfat pada berbagai sistem tanam menghasilkan P-tersedia yang berbeda. Perlakuan berbagai dosis fosfat pada sistem tanam tegel tidak memberikan perbedaan yang nyata. Hal yang sama terjadi pada sistem tanam legowo (st₂), pemberian berbagai dosis pupuk fosfat tidak berbeda nyata kecuali jika dibandingkan dengan kontrol. Pada sistem tanam kembar (st₃), kadar P-tersedia yang

tertinggi terdapat pada pemberian 25 kg ha⁻¹ pupuk fosfat sebesar 44,27 ppm walaupun tidak berbeda nyata dengan pemberian dosis 0 dan 50 kg ha⁻¹ pupuk fosfat.

Hal ini dapat dicapai disebabkan teknik penanaman yang digunakan pada sistem tanam kembar adalah teknik penanaman dangkal yaitu akar ditanamkan hingga kedalaman 1 cm dan upaya akar dengan batang bibit membentuk huruf L, dalam kondisi air macak-macak, pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman menjadi lebih baik, sehingga semakin banyak bulu-bulu akar yang kontak dengan tanah maka semakin banyak unsur hara P dan unsur lainnya yang diserap oleh tanaman. Penggenangan menyebabkan 2/3 akar tidak dapat berkembang dan pertumbuhannya terhambat ini disebabkan terbatasnya pasokan oksigen yang sangat diperlukan dalam respirasi akar (Simarmata dan Yuwariah, 2007).

Ketersediaan P yang lebih optimal sebagai akibat pemberian perlakuan kompos jerami padi dikarenakan bahan organik selain dapat menambah unsur hara juga merupakan sumber nutrisi bagi mikrobia untuk meningkatkan proses dekomposisi, dimana metabolit mikrobia dapat meningkatkan kelarutan unsur hara seperti halnya P, selain itu penambahan kompos jerami padi sebagai bahan organik ke dalam tanah juga akan memperbaiki kesuburan kimia. Bahan organik dapat berperan sebagai sumber asam-asam organik yang mampu mengontrol kelarutan berbagai sumber hara bagi tanaman. Asam-asam organik yang terdapat dalam bahan organik mampu mengkelat unsur-unsur beracun dalam tanah sehingga menjadi tidak berbahaya bagi tanaman. Asam-asam organik mampu menurunkan jumlah fosfat yang difiksasi oleh Fe dan Al melalui mekanisme pengkelatan sehingga P lebih tersedia bagi tanaman (Barker dan Pilbeam, 2007). Perubahan pH sangat mempengaruhi ketersediaan P di dalam tanah artinya semakin tinggi pH sampai pada batas tertentu (netral) tanah maka ketersediaan P akan meningkat pula.

Tabel 3. Pengaruh Interaksi antara Dosis Pupuk Fosfat dengan Berbagai Sistem Tanam terhadap Serapan-P tanaman (mg tanaman⁻¹)

Perlakuan	Dosis Pupuk Fosfat						
	p ₀ (0 kg ha ⁻¹)	p ₁ (25 kg ha ⁻¹)	p ₂ (50 kg ha ⁻¹)	p ₃ (75 kg ha ⁻¹)	p ₄ (100 kg ha ⁻¹)		
st ₁ (Tegel)	182,83 A	b A	b A	134,63 A	a A	136,07 a	155,87 a
st ₂ (Legowo)	124,23 A	a A	a A	157,43 A	a A	161,40 a	104,90 b
st ₃ (Kembar)	204,97 A	b B	c B	261,87 B	b AB	242,20 b	186,97 b

Keterangan: Angka rata-rata perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama arah baris (huruf kapital) dan arah kolom (huruf kecil) tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 3 menunjukkan peningkatan pemberian dosis pupuk fosfat pada berbagai sistem tanam menghasilkan Serapan-P tanaman yang berbeda. Pada sistem tanam kembar (st) pemberian 25 kg ha⁻¹ pupuk fosfat menghasilkan Serapan-P tanaman tertinggi yaitu sebesar 268,83 mg tanaman⁻¹, jika dibandingkan dengan tanpa perlakuan kontrol terdapat kenaikan Serapan-P sebesar 30%. Peningkatan Serapan-P ini tidak terlepas dari aktivitas keanekaragaman mikroorganisme yang melimpah, seperti halnya yang terkandung dalam kompos jerami padi yaitu konsorsium inokulan mikroba (bakteri, khamir, ragi, dan fungi) perombak bahan organik, penghasil enzim sellulolitik, lignolitik, dan ligno-sellulolitik yaitu *Cytophaga* sp ($2,8 \times 10^{-6}$), *Streptomyces* sp ($5,7 \times 10^{-6}$), *Sacharomyces* sp ($4,8 \times 10^{-6}$), dan *Bacillus* sp ($1,5 \times 10^{-6}$) (Simarmata, 2008).

Aktivitas mikroorganisme dapat menguraikan bahan organik menjadi unsur hara yang dikembalikan ke dalam tanah. Mikrobia pelarut fosfat berperan penting dalam menyediakan P larut bagi tanaman. Sebagian besar P dalam tanah berada dalam bentuk terikat sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Kehadiran mikrobia pelarut fosfat akan mempercepat dan meningkatkan ketersediaan bagi tanaman, seperti halnya enzim fosfatase dan asam-asam organik yang dihasilkan oleh metabolisme mikrobia pelarut fosfat seperti *Bacillus* sp akan mengakibatkan aktivitas fosfatase pada permukaan akar. Kondisi ini akan berjalan lebih optimal pada sistem tanam kembar (st) dikarenakan teknik penanaman dua bibit per lubang tanam dengan jarak 5 cm sehingga memperkecil kompetisi penyerapan unsur hara pada awal penanaman, selain itu setelah penanaman kondisi tanah ada dalam keadaan macak-macak (penggenangan ± 1 cm) agar akar dapat melakukan respirasi dan tumbuh dengan baik dan juga dapat meningkatkan populasi dan keanekaragaman biota tanah yang membentuk suatu rantai makanan dan aliran energi (Simarmata, 2008).

Pemberian bahan organik berupa kompos jerami padi ke dalam tanah dapat memperbaiki kesuburan kimia, fisika, dan biologi tanah sehingga peningkatan pertumbuhan akar akan berpengaruh terhadap besarnya kontak akar dengan tanah, maka akan semakin aktif menyerap unsur hara, sehingga berpengaruh terhadap Serapan-P. Sesuai dengan pendapat Setyorini (2006) yang menyatakan bahwa, bahan organik berperan penting dalam tanah karena dapat memperbaiki sifat kimia dan biologi tanah diantaranya adalah meningkatkan kapasitas tukar kation, mengurangi aktivitas Al dan Fe dalam memfiksasi P, dan merupakan sumber energi bagi aktivitas mikroorganisme.

Simpulan Dan Saran

Dari hasil penelitian ini dapat diambil simpulan sebagai berikut:

Hasil percobaan menunjukkan bahwa pada ketiga sistem tanam pengaruh kedua perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pH tanah, akan tetapi terdapat pengaruh nyata terhadap P-Tersedia

tanah dengan hasil tertinggi sebesar 44,27 ppm dan Serapan P tanaman dengan hasil tertinggi sebesar 268,83 mg tanaman⁻¹ pada sistem tanam kembar.

Berdasarkan simpulan hasil penelitian di atas disarankan sebagai berikut :

1. Pengaturan jarak tanam pada sistem tanam kembar merupakan hal penting untuk meningkatkan hasil, sehingga perlu dicoba pada jarak tanam tertentu.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan status P-tanah yang lebih rendah.

Daftar Pustaka

- Barker, A.V.D., Pilbeam, J. 2007. *Handbook Of Plant Nutrition*. CRC Press. NY.612p
- Diamond. 1985. *Availability and Management of Phosphorus In Wetland Soils In Relation To Soil Characteristic*. P.269 – 283. In *Wetland Soil: Characterization, Classification and Utilization*. IRRRI, Los Banos, Philippines.
- Hardjowigeno, S dan L. Rayes. 2001. *Tanah Sawah*. Institut Pertanian Bogor.
- Prasetyo, B.H., Adiningsih, J.S., Subagyo, K., dan Simanungkalit, R.D.M. 2004. *Mineralogi, Kimia, Fisika, dan Biologi Tanah Sawah*. Makalah Pada Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Deptan, 2004.
- Setyorini, D., R. Saraswati., E.K. Anwar. 2006. *Kompos*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Simarmata, T., Yuwariah, Y. 2007. *Teknologi Intensifikasi Padi Aerob Terkendali Berbasis Organik (IPAT-BO) untuk melipatgandakan produksi padi dan mempercepat kemandirian dan ketahanan pangan*.
O n l i n e : : :
<http://digilib.litbang.deptan.go.id/repository/index.../4568>
(Diakses tgl 15 Februari 2014).
- Simarmata, T. 2008. *Teknologi Intensifikasi Padi Aerob Terkendali Berbasis Organik (IPAT-BO) Untuk Melipatgandakan Produksi Padi*. Mempercepat Pencapaian Kedaulatan Pangan di Indonesia. Makalah pada Pengukuhan Guru Besar Pada Tanggal 2 Mei 2008.
- Yoshida, S. 1981. *Fundamentals of Rice Crop Science*. The International Rice Research Institute, Manila, Philippines.