

**PRODUKSI ASAM INDOL, ASETAT DAN PERTUMBUHAN PADI YANG
DI INOKULASI DENGAN *Azospirillum* sp. DAN *Azotobacter* sp. PADA
BERBAGAI KONSENTRASI N DAN P**

Oleh
WINDA PUTRIANA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2014**

R. 26412/26973

**PRODUKSI ASAM INDOL ASETAT DAN PERTUMBUHAN PADI YANG
DI INOKULASI DENGAN *Azospirillum* sp. DAN *Azotobacter* sp. PADA
BERBAGAI KONSENTRASI N DAN P**



Oleh
WINDA PUTRIANA



↓
631.007
Win
P
2014

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2014**

SUMMARY

WINDA PUTRIANA. The Production of Indol Acetic Acid and Rice Growth that was Inoculation with *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp. under Different Levels of N dan P (Supervised by **NUNI GOFAR** dan **SABARUDDIN**).

Azospirillum sp. and *Azotobacter* sp. are non simbiotic N₂ fixing bacteria and growth regulator substance producer, such as indole acetic acid. The objectives of this research were to study the production of indole acetic acid (IAA) by *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp. bacteria and to investigate the influence on rice growth under different levels of N and P. This study was conducted from March to July 2013 in Chemistry, Biology, and Soil Fertility Laboratory.

The treatments consisted of bacteria isolates (no isolate, *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., and mixture of *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp.) and level of N and P (0 N + 0 P, 50% N + 0 P, 100% N + 0 P, 0 N + 50% P, 0 N + 100% P, 50% N + 50% P, 50% N + 100% P, 100% N + 50% P dan 100% N + 100% P). These treatments were arranged as factorial completely randomized design with three replicates.

The results showed that 50% N + 50% P from recommended dosage was better than in treatment in support produce IAA by mixture of *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp. isolates. The mixture *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp. isolates with 100% N + 0 P from recommended dosage was better than treatment in increased rice growth (plant height, dry canopy weight, dry root weight, and root volume) and then was followed by 100% N + 50% P from recommended dosage.

RINGKASAN

WINDA PUTRIANA. Produksi Asam Indol Asetat dan Pertumbuhan Padi yang di Inokulasi dengan *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. pada Berbagai Konsentrasi N dan P (Dibimbing oleh **NUNI GOFAR** dan **SABARUDDIN**).

Azospirillum sp. dan *Azotobacter* sp. adalah bakteri penambat N_2 non simbiotik dan penghasil zat pengatur tumbuh seperti asam indol asetat. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari produksi asam indol asetat (IAA) oleh isolat bakteri *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan padi pada berbagai konsentrasi N dan P. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juli 2013 di Laboratorium Kimia, Biologi dan Kesuburan Tanah.

Penelitian ini terdiri dari perlakuan isolat (tanpa isolat, isolat *Azospirillum* sp., isolat *Azotobacter* sp. dan isolat campuran *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp.) dan konsentrasi N dan P (0 N + 0 P, 50% N + 0 P, 100% N + 0 P, 0 N + 50% P, 0 N + 100% P, 50% N + 50% P, 50% N + 100% P, 100% N + 50% P dan 100% N + 100% P). Penelitian ini dilakukan dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial yang diulang sebanyak tiga kali.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian 50% N + 50% P dari dosis anjuran merupakan perlakuan terbaik dalam memacu pembentukan IAA oleh kultur campuran isolat *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. Kultur campuran isolat *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. dengan pemberian 100% N + 0 P dari dosis anjuran merupakan kombinasi terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman padi (tinggi, berat kering tajuk, berat kering akar dan volume akar) yang diikuti oleh pemberian konsentrasi 100% N + 50% P dari dosis anjuran.

**PRODUKSI ASAM INDOL ASETAT DAN PERTUMBUHAN PADI YANG
DI INOKULASI DENGAN *Azospirillum* sp. DAN *Azotobacter* sp. PADA
BERBAGAI KONSENTRASI N DAN P**

**Oleh
WINDA PUTRIANA**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian**

**Pada
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**INDRALAYA
2014**

SKRIPSI

**PRODUKSI ASAM INDOL ASETAT DAN PERTUMBUHAN PADI YANG DI
INOKULASI DENGAN *Azospirillum* sp. DAN *Azotobacter* sp. PADA
BERBAGAI KONSENTRASI N DAN P**

Oleh
WINDA PUTRIANA
05091007026

Telah diterima sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian

Pembimbing I,



Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S.
NIP. 196408041989032002

Pembimbing II,




Ir. Sabaruddin, M.Sc. Ph.D
NIP. 196305171989031002

Indralaya, Januari 2014

Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya






Dekan,



Dr. Ir. Erizal Sodikin
NIP. 196002111985031002

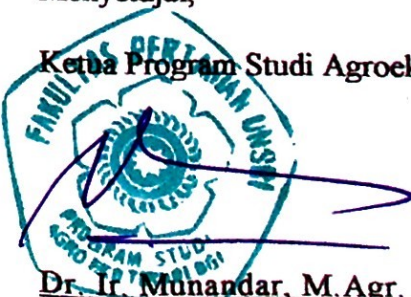
Skripsi berjudul "Produksi Asam Indol Asetat dan Pertumbuhan Padi yang di Inokulasi dengan *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. pada Berbagai Konsentrasi N dan P" oleh Winda Putriana, telah dipertahankan didepan komisi penguji pada tanggal 19 Desember 2013.

Komisi Penguji

- | | | |
|------------------------------------|------------|---|
| 1. Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M. S. | Ketua | () |
| 2. Ir. Sabaruddin, M. Sc. Ph.D. | Sekretaris | () |
| 3. Dr. Ir. A. Madjid Rohim, M. S. | Anggota | () |
| 4. Dr. Ir. Nurhayati, M.Si. | Anggota | () |
| 5. Ir. Edwin Wijaya | Anggota | () |


Menyetujui,

Ketua Program Studi Agroekoteknologi


Dr. Ir. Munandar, M.Agr.
NIP. 196012071985031005

Mengesahkan,

Ketua Komisi Peminatan Ilmu Tanah


Dr. Ir. A. Napoleon, M.P.
NIP. 196204211990031002

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam skripsi ini, kecuali yang dicantumkan dengan jelas sumbernya, adalah hasil penelitian atau investigasi saya sendiri dan belum pernah atau tidak sedang diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan lain atau gelar yang sama di tempat lain. Saya juga menyatakan bahwa data yang disajikan dalam penelitian ini merupakan bagian dari data penelitian yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S. berjudul “Pengembangan Teknologi Pupuk Mikroba Multiguna untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Rawa Lebak” yang didanai oleh Insentif Riset SINas.

Indralaya, Januari 2014

Yang membuat pernyataan



Winda Putriana

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 12 Januari 1992 di Palembang, yang merupakan anak ketiga dari lima bersaudara. Buah hati dari pasangan Achmad Balkiah dan Juairiah.

Pendidikan Sekolah Dasar diselesaikan penulis pada tahun 2003 di SDN 322 Palembang. Sekolah Menengah Pertama diselesaikan pada tahun 2006 di SMP YKPP 1 Palembang. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Atas di SMA YKPP 1 Palembang dan selesai pada tahun 2009.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada bulan September 2009 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada semester V penulis terdaftar sebagai mahasiswa minat Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.

Selama menjadi mahasiswa di Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, penulis aktif mengikuti organisasi Badan Esekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian tahun 2009 – 2011 dan anggota HIMAGROTEK tahun 2009. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Teknologi Pupuk dan Pemupukan dan mata kuliah Organisme Tanah pada semester VII.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya maka penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul “Produksi Asam Indol Asetat dan Pertumbuhan Padi yang di Inokulasi dengan *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. pada Berbagai Konsentrasi N dan P”.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S. dan Bapak Ir. Sabaruddin, M.Sc., Ph.D selaku dosen pembimbing yang dengan kesabaran dan keikhlasannya untuk membimbing dan memberikan arahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Nuni Gofar, M.S selaku Ketua Tim peneliti Insentif Riset SINas yang berjudul “Pengembangan Teknologi Pupuk Mikroba Multiguna untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Rawa Lebak” yang telah memberikan kesempatan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Penelitian yang dikerjakan penulis merupakan bagian dari Penelitian Insentif Riset SINas. Serta tidak lupa kepada orang tua dan keluarga besar atas doa dan dukungan yang diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk sempurnanya penulisan laporan ini. Besar harapan penulis agar laporan skripsi ini bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan	3
C. Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. <i>Azospirillum</i> sp. dan <i>Azotobacter</i> sp.	4
B. Fiksasi N ₂	6
C. Biosintesis IAA	8
III. PELAKSANAAN PENELITIAN	12
A. Tempat dan Waktu	12
B. Alat dan Bahan	12
C. Metode Penelitian	13
D. Cara Kerja	14
1. Persiapan	14
2. Isolasi dan Seleksi Isolat Bakteri <i>Azospirillum</i> sp. dan <i>Azotobacter</i> sp.	14

3. Inokulasi Benih Padi dengan Isolat <i>Azospirillum</i> sp., <i>Azotobacter</i> sp., serta Isolat Campuran (<i>Azospirillum</i> sp. dan <i>Azotobacter</i> sp.).....	15
4. Penanaman dan Pengamatan Pertumbuhan Padi	16
5. Sekresi dan Penentuan IAA	16
6. Pembuatan Kurva Standar	17
E. Peubah yang Diamati	17
F. Analisis Data.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
A. Produksi Asam Indol Asetat (IAA).....	19
B. Pertumbuhan Tanaman Padi.....	22
V. KESIMPULAN DAN SARAN	30
DAFTAR PUSTAKA.....	31
LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Halaman

1. Pengaruh utama jenis isolat serta konsentrasi N dan P terhadap produksi IAA pada medium tumbuh tanaman padi varietas Ciherang	20
2. Pengaruh interaksi jenis isolat dengan konsentrasi N dan P terhadap produksi IAA pada medium tumbuh tanaman padi umur 14 HST	21
3. Pengaruh utama jenis isolat serta konsentrasi N dan P terhadap pertumbuhan tajuk tanaman padi varietas Ciherang	24
4. Pengaruh utama jenis isolat serta konsentrasi N dan P terhadap pertumbuhan akar tanaman padi varietas Ciherang umur 21 HST	25
5. Pengaruh interaksi jenis isolat dengan konsentrasi N dan P terhadap tinggi tanaman padi pada umur 7 dan 14 HST	28
6. Pengaruh interaksi jenis isolat dengan konsentrasi N dan P terhadap berat kering akar dan volume akar tanaman padi umur 21 HST	29

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Mekanisme Fiksasi Nitrogen	8
2. Skema Lintasan Pembentukan IAA	10

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Kurva Larutan Standar IAA (Asam Indol Asetat).....	36
2. Data dan Sidik Ragam Produksi IAA (ppm) Tanaman Padi.....	37
3. Data dan Sidik Ragam Pertumbuhan Tanaman Padi	43



I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Bakteri penambat nitrogen (N_2) merupakan bakteri yang berperan dalam penyediaan N_2 untuk tanaman karena bakteri tipe ini mampu menambat N_2 dari udara (Baskoro, 1994). Berdasarkan sifatnya mikroba penambat N_2 dibedakan menjadi simbiotik dan non-simbiotik. Mikroba penambat N_2 simbiotik antara lain bakteri *rhizobia* dan *actinomycetes*. Penambat N_2 non simbiotik meliputi mikroba yang berasosiasi maupun hidup bebas.

Azospirillum sp. adalah tergolong bakteri penambat N_2 yang berasosiasi dengan akar tanaman. Sumber energi bakteri berasal dari eksudat akar tanaman inang, dan sebaliknya tanaman inang memanfaatkan hasil aktivitasnya untuk memenuhi kebutuhan nutriennya. Menurut Lestari *et al.* (2007) dan Miharja (2003), *Azospirillum* sp. selain menambat N_2 , juga mampu menghasilkan fitohormon berupa asam indol asetat (IAA) sehingga berperan memacu pertumbuhan awal tanaman padi, mempermudah serapan hara yang dapat berpengaruh pada bobot basah dan bobot kering akar maupun tajuk.

Bakteri *Azotobacter* sp. adalah bakteri penambat N_2 yang hidup bebas. Sumber energinya adalah dari perombakan bahan organik (heterotrof) dan fotosintesis (autotrof). Selain menambat N_2 , bakteri ini juga dapat menghasilkan fitohormon seperti IAA, auksin, giberelin, dan sitokinin, yang dapat meningkatkan pertumbuhan akar tanaman. Penelitian Hazra dan Pratiwi (2011) menunjukkan

bahwa isolat *Azotobacter* mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh sitokinin sebesar 104,56 ppm dan giberelin sebesar 173,93 ppm.

Widayati (1998) melaporkan bahwa hampir seluruh isolat bakteri penambat N_2 non simbiotik yang diisolasi dari tanah masam terbukti sebagai penambat N_2 bebas dari udara serta mampu menghasilkan fitohormon IAA dan asam giberelin. Hasil penelitian Gofar *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kemampuan bakteri endofitik penambat N_2 dan pemacu tumbuh dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh kemampuannya menghasilkan fitohormon IAA. Sembilan isolat bakteri endofitik penambat N_2 asal jaringan tanaman padi lebak terbukti mampu menghasilkan IAA dalam kisaran 6-10 mg kg^{-1} . Penelitian yang sama juga menemukan isolat bakteri *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. yang berkemampuan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi dan jagung.

Penambatan N_2 oleh bakteri dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, seperti N (nitrogen) dan P (fosfor). Bakteri akan bekerja maksimum bila ketersediaan hara N dalam keadaan minimum dan P dalam jumlah yang cukup. Pemberiaan sedikit pupuk N *starter* bertujuan untuk memaksimalkan kerja bakteri dalam memproduksi IAA dan meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Sebaliknya pemupukan N dengan jumlah yang besar atau diberikan secara terus menerus akan memperkecil kegiatan bakteri sehingga kurang efektif (Nasih, 2006). Hasil penelitian Panjaitan (2004) menunjukkan bahwa inokulasi *Azospirillum* dan pemupukan dengan dosis 56,3 $kgN\ ha^{-1}$ dan 27 $kgP_2O_5\ ha^{-1}$ (50% dari dosis standar) dapat menghasilkan bobot kering kering tajuk setara dengan pemberian pupuk dengan dosis standar tanpa *Azospirillum*.

Danapriatna *et al.* (2010) menyatakan bahwa inokulan *Azospirillum* dan *Azotobacter*, baik tunggal maupun campuran mampu meningkatkan populasi kedua bakteri, N total tanah, aktivitas fiksasi N₂, serapan N tanaman dan meningkatkan parameter tanaman. Untuk itu, pada penelitian ini akan dipelajari kemampuan bakteri penambat N₂ bebas (*Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp.) hasil isolat dari rhizosfer tanaman padi yang tumbuh di rawa lebak (Gofar *et al.*, 2012) baik secara tunggal maupun campuran dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan beberapa variasi konsentrasi N dan P di dalam media tumbuh.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari produksi Asam Indol Asetat (IAA) oleh isolat bakteri *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan padi pada berbagai konsentrasi N dan P.

C. Hipotesis

Hipotesis yang diajukan sebagai berikut:

- 1) Diduga pemberian 50% N + 50% P dari dosis anjuran merupakan perlakuan terbaik dalam memacu pembentukan IAA oleh kultur campuran isolat *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp.,
- 2) Diduga kultur campuran isolat *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. dengan pemberian konsentrasi 50% N + 50% P dari dosis anjuran merupakan kombinasi terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan (tinggi, biomassa dan volume akar) tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda YT, Tarigan B dan Purba B. 2006. Effect of biofertilizer on mature oil palm in North Sumatera and Riau. *Indoesian Journal of agricultural science*. 7(1)2006:20-26.
- Atlas RM. 2010. *Handbook of Microbiological Media*. 4th Ed. CRC press, New York.
- Bao F, J Shen, SR Brad, GK Muday, T Asami, and Z Yang. 2004. Brassinosteroids interact with auxin to promotelateral root development in *Arabidopsis*. *Plant Physiol* 134:1624–1631.
- Baskoro RMT. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Terjemahan dari: *Allgemeine Mikrobiologie*. Schlegel HG and K Schmidt. Universitas Gajah Mada Press.
- Brandl M, EM Clark and SE Lindow. 1996. Characterization of the indole-3-acetic acid (IAA) biosynthetic pathway in an epiphytic strain of *Erwinia herbicola* and IAA production in vitro. *Can. J. Microbia*. 42:586-592.
- Buchanan, B., Gruissem, W., and Jones, R. 2000 *Biochemistry and Molecular Biology of Plants*. American Society of Plant Physiologists. Rockville, MD.
- Capone DG, R Popa, B Flood and KH Neelson. 2006. Follow the nitrogen. *Science* 312: 708-709.
- Caton IR. 2007. Abundance of *nifH* genes in urban, agricultural, and pristine prairie streams exposed to different levels of nitrogen loading. *Thesis*. Wichita State University.
- Choo QC, MR Samian and N Najimudin. 2003. Phylogeny and characterization of three *nifH*-homologous genes from *Paenibacillus azotofixans*. *Appl Environ Microbiol* 69: 3658-3662.
- Cornejo HAC, LM Rodríguez, CC Penagos and JL Bucio. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin. *Plant Physiol*. 149:1579–1592.
- Danapriatna N, R Hindersah dan Y Sastro. 2010. Pengembangan pupuk hayati *Azotobacter* DAN *Azospirillum* untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi penggunaan pupuk N di atas 15 % pada tanaman padi. Laporan Penelitian KKP3T Deptan TA 2010. Universitas Islam Bekasi Kerjasama dengan Badan litbang Departemen pertanian. Bekasi.

- Davies PJ. 2004. *Plant Hormones: Biosynthesis, Signal Transduction, Action*. 3rd Ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publish.
- Elmerich C. 1992. Nodulation genes and biosynthesis of indole acetic acid in *Azospirillum brasilense*. In: GS Khush and J Bennet (Eds.). Nodulation and nitrogen fixation in rice: potential and prospects. IRRI. 87-91.
- Fedorov DN, EG Ivanova, NV Doronina and YA Trotsenko. 2008. A new system of degenerate oligonucleotide primers of detection and amplification of *nifHD* genes. *Microbiology*. 77: 247-249.
- Gofar N, H Widjajanti dan NLPS Ratmini. 2012. Uji kemampuan isolat bakteri endofitik penghasil IAA dalam memacu pertumbuhan tanaman padi pada tanah asal rawa lebak. Makalah disampaikan pada seminar Insentif Riset Sistem Inovasi Nasional (INSINAS 2012): Membangun sinergi riset nasional untuk kemandirian teknologi. Bandung, 29-30 November 2012.
- Gofar N, H Widjajanti dan NLPS Ratmini. 2012. Pengembangan teknologi pupuk mikroba multiguna untuk meningkatkan produktivitas Lahan Rawa Lebak. Laporan Akhir. Insentif Riset SINAS.
- Gordon SA and RP Weber. 1951. Colorimetric estimation of indole acetic acid. *Plant Physiol* 26:192-197
- Gunawan R. 2011. Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfor dengan menggunakan media alternatif. *Skripsi*. Program studi Manajemen Sumberdaya Lahan Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hamdiyati. 2009. Pertumbuhan dan pengendalian mikroorganisme II. http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR._PEND._BIOLOGI/196611031991012YANTI_HAMDIYATI/Pertumbuhan_pada_mikroorganisme_II.pdf. Diakses tanggal 15 September 2013.
- Hanafiah KA. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Rajawali Pers, Jakarta.
- Hazra F dan E Pratiwi. 2011. Kemampuan beberapa isolat *Azotobacter* sp dalam memperbaiki perakaran jagung (varietas pioneer) secara in vitro pada beberapa level pemupukan N anorganik. Prosiding Seminar Nasional PERHORTI. Lembang.
- Hindersah R dan T Simarmata. 2004. Potensi *Rhizobakteri Azotobacter* dalam meningkatkan kesehatan tanah. *Jurnal Natur Indonesia*. 5(2): 127-133.
- Husen E. 2003. Screening of soil bacteria for plant growth promotion activities in vitro. *Ind. J. Agri. Sci*. 4(1):27-31.

- Khairul U, 2001. Pemanfaatan bioteknologi untuk meningkatkan produksi pertanian. Makalah Falsafah Sains. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lestari P, DN Susilowati dan EI Riyanti. 2007. Pengaruh hormon asam indol asetat yang dihasilkan *Azospirillum* sp terhadap perkembangan akar padi. Jurnal AgroBiogen 3(2): 66-72.
- Lestari Y. 2003. Seleksi bakteri diazotrof endofitik padi penghasil asam indol-3-asetat (AIA). Tesis. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Lingga P. 2006. Petunjuk Penggunaan Pupuk. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Manulis S, AH Chesner, MT Brandl, SE Lindow and I Barash. 1998. Differential involvement of indole-3-acetic acid biosynthetic pathways in pathogenicity and apiphytic fitness of *Erwinia herbicola* pv. *gypsophilae*. *Molec. Plant-Microbe Interac.* 11: 623-642.
- Mazzola M and FF White. 1993. A mutation in the indole-3-acetic acid biosynthesis pathway of *Pseudomonas syringae* pv *syringae* affect growth in *Phaseolus vulgaris* and syringomycin production. *J Biotechnol* : 1374-1382.
- Miharja OAA. 2003. Peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai serta efisiensi pemupukan fosfat sebagai akibat pemberian pupuk hayati pada tanah ultisol Jatiningor. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas pertanian Universitas Padjajaran, Bandung.
- Nasih, 2006. peran pupuk hayati dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kelapa sawit. <http://www.ugm.ac.id>. Diakses tanggal 10 Februari 2013.
- Novitasari D. 2011. Optimasi kinerja microbial fuel cell (MFC) untuk produksi energi listrik menggunakan bakteri *Lactobacillus bulgaricus*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Depok.
- Nurosid. 2008. Kemampuan *Azospirillum* sp. Jg3 dalam menghasilkan lipase pada medium campuran dedak dan onggok dengan waktu inkubasi berbeda. Makalah. Departemen Mikrobiologi Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerta.
- Okon Y, SL Albrecht and RH Burris. 1977. Methods for growing *Spirillum lipoferum* for counting it in pure and association with plant. *Environment Microbiol.* 33-85.

- Panjaitan I. 2004. Efektivitas *Azospirillum* dan cendawan mikoriza abuskula terhadap produksi dan serapan hara *Setaria Spendida* pada dosis zn dan P berbeda. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Patten CL and BR Glick. 2002. Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Am Soc Microbiol* 68: 3795-3801.
- Saupe SG. 2007. *Plant Physiology*. Collegeville: Colloge of St. Benedict.
- Silviana. 2012. Isolasi dan seleksi bakteri penambat nitrogen (*Azospirillum*) dan *Azotobacter* dari Lahan Rawa Lebak, Sumatera Selatan. *Skripsi*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya, Indralaya.
- Ries VM, KRDS Teixeira, and RO Pedraza. 2011. What Is Expected from the Genus *Azospirillum* as a Plant Growth-Promoting Bacteria. In *Bacteria in Agrobiolgy: Plant Growth Responses*. D.K. Maheshwari (ed.). DOI 10.1007/978-3-642-20332-9_6, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Saupe SG. 2007. *Plant Physiology*. Collegeville: Colloge of St. Benedict
- Sutedjo MM. 2002. Analisis Tanaman. Jakarta. Kanisius.
- Susilo H. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Terjemahan dari: Soil Organisms and Growth. Rao NSS. Universitas Indonesia Press.
- Taiz L and E Zeiger. 2002. *Plant Physiology*. 3rd Ed. Sunderland: Sinauer Associates, Inc., Publish.
- Ueda T, Y Suga, N Yahiro and T Matsuguchi. 1995. Remarkable N₂-fixing bacterial diversity detected in rice roots by molecular evolutionary analysis of NifH gene sequences. *J Bacteriol* 177: 1414-1417.
- Ward N, O Larsen, J Sakwa, L Bruseth, H Khouri, AS Durkin, G Dimitrov, L Jiang, D Scanlan, KH Kang, M Lewis, KE Nelson, B Methe, M Wu, JF Heidelberg, IT Paulsen, D Fouts, J Ravel, H Tettelin, Q Ren, T Read, RT DeBoy, R Seshadri, HB Jensen, NK Birkeland, WC Nelson, RJ Dodson, SH Grindhaug, I Holt, I Eidhammer, I Jonasen, S Vanaken, T Utterback, TV Feldblyum, CM Fraser, JR Lillehaug and JA Eisen. 2004. Genomic insights into methanotrophy: the complete genome sequence of *Methylococcus capsulatus* (Bath). *Biology* 2: 1616-1628.
- Wedhastri S. 2002. Isolasi dan seleksi *Azotobaacter* spp. penghasil faktor tumbuh dan penambat nitrogen dari tanah masam. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3 (1): 45-51.

- Widawati S. 2011. Diversity and phosphate solubilization by bacteria isolated from Laki island coastal ecosystem. *Biodiversitas J. Biol Diversity*. 12 (1): 17-21.
- Widayati WE. 1998. Aktivitas nitrogenase dan produksi fitohormon dari bakteri penambat N_2 udara hasil isolasi dari rizosfer dan nira tebu. *Jurnal Buletin Pagi P3GI*. 148: 34-44.
- Woodward AW and B Bartel. 2005. Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals Bot* 95:707-735.
- Yanuar TW. 2006. Kandungan asam indol asetat cacing tanah (*Pheretima hupiensis*) pada berbagai media tumbuh. *Skripsi*. Program Studi Biokimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Yoshida S, OA Forno, JH Cock and KA Gomez. 1976. Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice, 3rd end. Phillipines: IRRI.
- Xenia. 2010. Pengaruh Inokulasi *Azotobacter* sp. terhadap Perakaran Jagung pada Beberapa Tingkat Pemberian KNO_3 di Media Padat Watanabe. *Skripsi*. Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor.