

ORASI ILMIAH GURU BESAR IPB

**PENTINGNYA BIOTEKNOLOGI TANAH DALAM MENCAPAI
SISTEM PERTANIAN YANG BERKELANJUTAN**

ORASI ILMIAH

**Guru Besar Tetap
Fakultas Pertanian**

Prof. Dr Ir Iswandi Anas Chaniago, M. Sc.

**Auditorium Rektorat, Gedung Andi Hakim Nasoetion
Institut Pertanian Bogor
9 April 2016**

Ringkasan

Permulaan tahun enam puluhan, terjadi revolusi pertanian di Indonesia. Pupuk kimia berupa Urea, TSP dan KCl mulai diperkenalkan kepada petani disamping penggunaan bibit unggul, perbaikan budidaya, perbaikan sistem irigasi dan pemakaian pestisida. Produksi pertanian meningkat secara nyata, indeks pertanaman meningkat menjadi dua sampai tiga kali tanam dalam setahun. Petani mulai melupakan pupuk organik dan penyuluh pertanianpun lupa mengingatkan pentingnya peranan pupuk organik untuk tanah dan tanaman. Sejak saat itu, pertanian dilakukan dengan sangat intensif, sisa tanaman seperti jerami dibakar atau diangkut ke tempat lain tanpa dikembalikan lagi ke tanah tersebut. Pengurasan unsur hara di tanah mulai terjadi dan kerusakan tanah semakin dirasakan. Demi mencapai produksi yang tinggi, penggunaan pupuk kimia dan pestisida ditingkatkan, namun produksi malah menurun. Petani mulai mengeluhkan bahwa tanah mereka menjadi padat, keras dan sukar diolah, serangan hama dan penyakit meningkat, pencemaran lingkungan oleh pupuk dan pestisida semakin nyata di beberapa tempat. Demikian juga organisme tanah tertentu seperti cacing tanah di beberapa lokasi tidak lagi terlihat, erosi tanah meningkat dan produksi tanaman menurun.

Pada tahun sembilan puluhan, petani, peneliti dan pemerintah mulai menyadari kekeliruan yang diterapkan selama ini dalam bidang pertanian. Lembaga penelitian pertanian melaporkan bahwa sebagian besar dari tanah pertanian di Indonesia termasuk tanah sawah sudah sakit sehingga produktivitasnya menurun. Pupuk kimia dituduh sebagai penyebab kerusakan tanah disamping pencemaran lingkungan oleh pestisida. Peningkatan penggunaan takaran pupuk kimia dan pestisida tidak lagi meningkatkan produksi pertanian malah kerusakan tanah dan pencemaran lingkungan semakin meningkat. Cara budidaya pertanian seperti ini jelas tidak berkelanjutan.

Penerapan bioteknologi tanah merupakan salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mencapai pertanian yang berkelanjutan. Pembuatan pupuk organik dengan cara yang cepat dan berkualitas melalui penggunaan mikroba perombak bahan organik atau dekomposer, penambahan mikroba penambat N_2 udara, pelarut fosfat, pelarut kalium, perombak polutan dan antagonis adalah contoh dari penerapan bioteknologi tanah dalam memperbaiki tanah yang rusak sehingga tanah menjadi sehat, efisiensi penggunaan

pupuk kimia meningkat dan penggunaan pestisida dapat dikurangi. Usaha untuk menyehatkan tanah yang sakit mulai dilakukan dengan penggunaan pupuk organik. Berbagai sisa tanaman dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik disamping penggunaan pupuk kandang. Proses pembuatan pupuk organik yang berkualitas diperkenalkan kepada petani. Penggunaan mikroba yang dapat mempercepat proses pembuatan pupuk organik berupa dekomposer yang efektif banyak diteliti dan diproduksi. Perbaikan kualitas pupuk organik dengan menggunakan mikroba tanah yang menguntungkan (*beneficial soil microbes*) dan penggunaan pupuk hayati (*biofertilizer*) mulai diperkenalkan. Bantuan pemerintah kepada petani agar petani mampu membuat pupuk organik sendiri dilakukan dengan memberikan bimbingan dan penyediaan bantuan Alat Pembuatan Pupuk Organik (APPO) dan juga memberikan bantuan pemeliharaan sapi kepada kelompok tani. Tanah yang tercemar oleh pestisida dan bahan pencemar lainnya dibersihkan dengan menggunakan mikroba tanah melalui proses bioremediasi tanah. Pupuk organik dicampur dengan pupuk hayati sehingga diperoleh pupuk organik hayati (*bio-organic fertilizer*) juga mulai diperkenalkan kepada petani. Dengan demikian, penggunaan pupuk kimia dapat dikurangi dan sebaliknya penggunaan pupuk organik (hayati) dapat ditingkatkan. Pemupukan makin efisien, pencemaran lingkungan oleh pupuk kimia dan pestisida berkurang. Penggunaan mikroba tanah yang bersifat antagonis dapat melindungi tanaman sehingga penggunaan pestisida dapat dikurangi. Program penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati ini dijadikan program pemerintah. Bantuan pemerintah berupa subsidi pupuk organik sudah dirasakan petani. Pemerintah juga sudah membuat regulasi untuk melindungi petani dan produsen pupuk organik dan pupuk hayati melalui Permentan No. 28 tahun 2009 yang direvisi dengan Permentan No. 70 tahun 2011.

Penggunaan pupuk organik (hayati) dalam penanaman padi diintegrasikan dengan penggunaan sistem pertanian yang efisien yang dikenal sebagai *System of Rice Intensification* (SRI). SRI sudah diterapkan di berbagai daerah di Indonesia. Perbaikan sistem pertanian dengan merubah paradigma yang selama ini berlaku merupakan kenyataan. Budidaya padi dengan metode SRI dapat mengurangi input antara lain berupa pupuk, benih, pestisida dan air. Penggunaan bibit padi yang muda, jarak tanam yang agak lebar dan pemberian air yang tidak tergenang ternyata membuat sistem budidaya padi (SRI) menjadi efisien. Pupuk organik digunakan disamping pupuk kimia

dan bila tanah sudah sehat, pupuk organik yang berkualitas sudah tersedia, maka budidaya padi metode SRI organik dapat diterapkan tanpa menurunkan produksi. Dengan menerapkan budidaya padi dengan metode SRI, maka anatomi, morfologi dan fisiologi tanaman padi menjadi lebih efisien dalam menggunakan input, produksi meningkat secara nyata, lingkungan menjadi lebih sehat, organisme tanah meningkat baik jumlah, aktivitas maupun keragamannya sehingga lebih berperan terhadap perbaikan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan produksi padi. Di lain pihak aktivitas bakteri metanogen menurun sehingga emisi gas CH₄ juga menurun. Pertumbuhan akar tanaman yang lebih baik, bulu akar yang lebih banyak dan aktif menyebabkan penyerapan unsur hara menjadi lebih efisien. Proses fotosintesis berjalan lebih baik sehingga produksi meningkat. Lingkungan tanah menjadi lebih kondusif untuk pertumbuhan tanaman. Peningkatan produksi padi dengan menerapkan metode SRI terjadi karena sistem pertanian menjadi efisien sehingga input seperti benih, pupuk, dan air berkurang sangat nyata. Lingkungan menjadi lebih sehat. Sebagai kesimpulan dapat dikatakan bahwa melalui penerapan bioteknologi tanah ini dengan baik dan konsisten maka sistem pertanian yang berkelanjutan dapat dicapai.

Ucapan Selamat Datang

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
السَّلَامُ عَلَيْكُمْ وَرَحْمَةُ اللَّهِ وَبَرَكَاتُهُ

Yang terhormat,

Rektor IPB,

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanah IPB,

Ketua dan Anggota Senat Akademik IPB,

Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar IPB,

Para undangan, kolega dosen, tenaga kependidikan, mahasiswa, alumni

Dan keluarga tercinta,

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua.

Puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga pada hari ini kita dapat berada di Auditorium Rektorat Gedung Andi Hakim Nasoetion IPB ini untuk mengikuti acara Orasi Ilmiah Guru Besar IPB.

Pada kesempatan yang sangat berharga ini, perkenankan saya untuk menyampaikan Orasi Ilmiah Guru Besar yang berjudul:

PENTINGNYA BIOTEKNOLOGI TANAH DALAM MENCAPAI SISTEM PERTANIAN YANG BERKELANJUTAN

Naskah Orasi Ilmiah Guru Besar ini merupakan rangkuman dari sebagian penelitian yang saya tekuni hingga saat ini, baik yang saya lakukan sendiri maupun bersama-sama dengan kolega dalam dan luar negeri maupun dengan mahasiswa Program S1, S2 dan S3. Semoga Orasi Ilmiah Guru Besar ini menjadi bahan yang bermanfaat untuk kesejahteraan umat manusia.

Foto Orator



Prof. Dr Ir Iswandi Anas Chaniago, M. Sc.

Daftar Isi

Ringkasan	iii
Ucapan Selamat Datang.....	v
Foto Orator	vii
Daftar Isi	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Gambar	x
I. Pendahuluan	1
II. Pupuk Organik (<i>Organic Fertilizer</i>)	3
III. Pupuk Hayati (<i>Biofertilizer</i>).....	6
3.1. Mikroba Penambat N ₂	6
3.2. Mikroba Pelarut Fosfat	10
3.3. Mikroba Pelarut Kalium	12
3.4. Mikroba Antagonis terhadap Penyakit	13
IV. Pupuk Organik Hayati (<i>Bio-Organic Fertilizer</i>).....	15
V. Pengelolaan Lingkungan.....	17
5.1. Pengelolaan Lingkungan melalui Bioremediasi Tanah.....	17
5.2. Budidaya Padi <i>System of Rice Intensification</i> (SRI)	19
VI. Penutup.....	21
Daftar Pustaka	22
Ucapan Terima Kasih	30
Foto Keluarga	33
Riwayat Hidup.....	34

Daftar Tabel

1. Pengaruh inokulasi bakteri pelarut kalium (BPK) terhadap pertumbuhan sorgum 13
2. Pertumbuhan padi yang dibudidayakan dengan metode konvensional dan metode SRI 21
3. Produksi padi yang dibudidayakan dengan tiga metode budidaya..... 21

Daftar Gambar

1. Keragaan dari bibit *Acacia crassicarpa* yang diinokulasi dengan Isolat *Rhizobium* spp, **1)** Rh Ac-5, **2)** Rh Ac-6, **3)** tanpa inokulasi, **4)** dipupuk Urea 8
2. Keragaan akar bibit *A. crassicarpa* tanpa inokulasi (kiri) dan yang diinokulasi dengan *Rhizobium* spp. dan mikroba pelarut fosfat (kanan) 9
3. Pertumbuhan isolat mikroba pelarut kalium pada media *Alexandrov Agar* (a) bakteri pelarut kalium, (b) fungi pelarut kalium 13
4. Akar rambut tanaman padi yang ditanam menurut metode konvensional dan metode SRI pada umur 70 yang diamati dengan mikroskop menggunakan pembesaran 500 dan 1000 kali 20

I. Pendahuluan

Bioteknologi tanah (*soil biotechnology*) adalah teknologi yang memanfaatkan organisme tanah (makro, meso dan mikrobiota) untuk berbagai keperluan seperti perbaikan sifat tanah guna memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman serta memperbaiki kesehatan tanah (*soil bioremediation*). Perbaikan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan ketersediaan unsur hara, proteksi tanaman dari hama dan penyakit, serta penguraian limbah merupakan domain dari bioteknologi tanah. Dalam bidang pertanian, bioteknologi tanah bertujuan antara lain untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara, mempercepat proses dekomposisi bahan organik, melindungi tanaman, merombak dan membersihkan tanah dari polutan melalui bioremediasi tanah guna memperoleh tanah yang sehat serta perbaikan pertumbuhan dan meningkatkan produksi tanaman.

Pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) adalah sistem pertanian yang menerapkan prinsip ekologi untuk memenuhi kebutuhan manusia yang secara teknologi dapat dilaksanakan, secara ekonomi menguntungkan dan secara sosial dapat diterima masyarakat dalam memproduksi tanaman dan hewan (ternak dan ikan), termasuk tanaman kehutanan tanpa menimbulkan kerusakan lingkungan. Apakah sistem pertanian yang diterapkan di Indonesia saat ini sudah merupakan sistem pertanian yang berkelanjutan? Ini merupakan pertanyaan yang sangat mendasar yang perlu dijawab secara jelas dan tuntas. Bila jawabannya “belum”, maka langkah apakah yang bisa dilakukan agar sistem pertanian ini menjadi sistem pertanian yang berkelanjutan?

Sejak pupuk kimia dan pestisida kimia diperkenalkan kepada petani di Indonesia pada permulaan tahun enam puluhan, produksi tanaman terutama tanaman pangan meningkat sangat nyata. Pada masa itu tanah pertanian umumnya masih bagus dan sehat, kandungan bahan organik tanah masih tinggi, sehingga pemberian pupuk N, P, dan K saja dalam jumlah yang relatif sedikit, sudah sangat nyata pengaruhnya dalam meningkatkan produksi pertanian. Petani merasa sangat mudah bertani dengan menggunakan pupuk N, P dan K yang jumlahnya relatif sedikit dibandingkan dengan pertanian sebelumnya yang menggunakan pupuk organik dalam jumlah relatif besar. Setelah mengenal dan merasakan kemudahan dalam bertani menggunakan pupuk kimia, petani serta merta melupakan penggunaan pupuk organik. Akan tetapi kondisi semacam ini tidak berlangsung lama, produksi tanaman mulai melandai dan terus menurun, tanah

mulai rusak dan pencemaran tanah meningkat. Petani merespon turunnya produksi dengan meningkatkan jumlah pupuk kimia dan pestisida agar produksi tetap tinggi, tetapi peningkatan produksi tidak terjadi. Untuk mencukupi kebutuhan pangan, indeks pertanaman ditingkatkan menjadi dua bahkan tiga kali dalam setahun. Untuk dapat melaksanakan penanaman tiga kali dalam setahun, sisa tanaman dibakar atau dibawa ke tempat lain sebagai pakan ternak tanpa dikembalikan lagi ke tanah tersebut. Pengurasan hara terjadi, kandungan bahan organik tanah menurun sehingga tanah mulai rusak.

Usaha untuk memperkenalkan penggunaan pupuk organik kepada petani ataupun kepada pemerintah saat itu tidak mendapatkan respon seperti yang diharapkan, bahkan anjuran penggunaan pupuk kimia dengan takaran yang ditingkatkan semakin nyaring disuarakan. Pada tahun sembilan puluhan, kerusakan lingkungan semakin menonjol, berbagai keluhan dari petani seperti tanah yang menjadi keras, panas, sukar diolah, produksi menurun, serangan hama dan penyakit makin merajalela, gagal panen makin sering dilaporkan. Sejak itu mulailah disadari bahwa telah terjadi kerusakan tanah dan lingkungan. Lembaga penelitian pertanian melaporkan bahwa sebagian besar tanah pertanian di Indonesia sudah rusak yang antara lain dicirikan oleh rendahnya kandungan bahan organik tanah, tanah yang mengeras dan memadat, sukar diolah, erosi yang meningkat dan produktivitas tanah yang menurun.

Berbagai usaha dilakukan untuk memperbaiki kondisi tanah dan mengurangi pencemaran lingkungan serta meningkatkan produksi pangan. Apa saja yang bisa dilakukan untuk mengatasi masalah ini? Yang bisa dilakukan untuk mengembalikan kesuburan dan kesehatan tanah serta meningkatkan produktivitas tanah adalah penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati sekaligus mengurangi jumlah penggunaan pupuk kimia. Pupuk organik memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Tanah yang tadinya keras dan sukar diolah, kemampuan tanah dalam menahan air yang kurang, kapasitas tukar kation yang rendah, *buffer capacity* yang rendah, aktivitas dan keragaman biota yang rendah dapat ditingkatkan dengan penambahan bahan organik. Selain itu, penggunaan pupuk organik meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, penyerapan unsur hara ditingkatkan dengan menggunakan mikroba tanah yang bermanfaat (*beneficial microbe*) melalui penggunaan pupuk hayati (*biofertilizer*). Pupuk organik ditingkatkan kualitasnya dengan menggabungkannya dengan pupuk hayati untuk menghasilkan pupuk organik hayati (*bio-organic fertilizer*). Pengurangan takaran

pupuk kimia dan peningkatan penggunaan pupuk organik hayati, adalah merupakan kebijakan pemupukan yang akan makin populer di masa yang akan datang. Kebijakan pemupukan seperti ini telah diterapkan di berbagai negara di dunia termasuk di negara-negara di Asia.

Lebih lanjut, mikroba tanah dapat dikelola untuk melindungi tanaman dari hama dan penyakit sehingga penggunaan pestisida kimia dapat dikurangi. Tanah-tanah yang sudah terlanjur terkontaminasi oleh berbagai polutan yang sukar dirombak atau pencemaran oleh pestisida dapat disehatkan kembali dengan menggunakan mikroba tanah melalui proses bioremediasi tanah. Demikian juga, pupuk organik yang dihasilkan dapat diperbaiki kualitasnya dengan menambahkan pupuk hayati sehingga diperoleh pupuk organik hayati (*bio-organic fertilizer*). Peningkatan populasi, aktivitas dan peranan mikroba tanah juga dapat dilakukan melalui perubahan budidaya tanaman sehingga sistem pertanian menjadi lebih efisien dan penggunaan input dapat dikurangi. Salah satu sistem pertanian yang efisien dalam penggunaan input adalah *System of Rice Intensification* (SRI) dimana input pertanian seperti benih, pupuk dan pestisida dikurangi, pertumbuhan tanaman menjadi lebih efisien karena terjadi perubahan sifat tanah dan perubahan anatomi, morfologi dan fisiologi tanaman termasuk perubahan anatomi akar, proses fotosintesis meningkat sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman meningkat. Sistem pertanian dengan menggunakan pupuk organik hayati sekaligus mengurangi takaran pupuk kimia dan pestisida kimia serta menerapkan sistem pertanian yang lebih efisien dan ramah lingkungan sudah mulai diterapkan di berbagai negara termasuk di Indonesia.

II. Pupuk Organik (*Organic Fertilizer*)

Bahan organik merupakan salah satu dari empat komponen penyusun tanah. Komponen penyusun tanah yang lain adalah udara, air dan bahan mineral. Walaupun kadungan bahan organik adalah yang terendah diantara keempat komponen penyusun tanah, namun peranan bahan organik sangat besar dalam menentukan sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang akan menentukan pertumbuhan dan produksi tanaman. Oleh karena pentingnya peranan bahan organik dalam menentukan sifat tanah, maka bahan organik tanah ini disebut sebagai nyawanya tanah (*organic matter is a soul of soil*).

Peningkatan kadar bahan organik tanah dapat dilakukan dengan penambahan pupuk organik yang berkualitas. Pupuk organik dibuat dari bahan organik yang berasal dari tanaman ataupun hewan, baik berupa biomassa tanaman seperti jerami padi, jagung, biomasa yang berasal dari limbah perkebunan, perikanan, peternakan, kehutanan atau dari limbah pengolahan hasil pertanian ataupun kotoran ternak. Tantangan utama yang dihadapi dalam pembuatan pupuk organik adalah proses pembuatan pupuk organik ini memakan waktu yang relatif lama, sehingga petani enggan membuat pupuk organik ini.

Melalui pengelolaan faktor-faktor yang menentukan kecepatan proses dekomposisi limbah organik, maka proses pembuatan pupuk organik dapat dipercepat dan kualitasnya dapat ditingkatkan. Pembuatan pupuk organik dapat dipercepat dan kualitasnya dapat diperbaiki antara lain dengan (1) mengatur C/N rasio dari bahan yang akan digunakan, (2) memperkecil ukuran dari bahan organik tersebut, (3) memberikan aerasi yang cukup sehingga dekomposer aerobik bisa bekerja secara maksimal, (4) mengatur kadar air sehingga kondisi optimum bagi kegiatan dekomposer, (5) mengatur suhu selama proses dekomposisi berlangsung, (6) inokulasi mikroba tanah dekomposer terutama perombak selulosa yang lebih efektif dan (7) penambahan unsur hara berupa penambahan N, P dan kapur. Pengelolaan faktor-faktor tersebut mempercepat proses dekomposisi bahan organik sehingga waktu yang diperlukan dalam pembuatan pupuk organik dapat dipersingkat.

Penelitian penggunaan dekomposer untuk mempercepat proses dekomposisi bahan organik jerami padi telah dilakukan secara intensif di Divisi Bioteknologi Tanah Fakultas Pertanian IPB. Penggunaan mikroba selulolitik pada jerami padi mempercepat laju dekomposisi jerami padi telah dilaporkan oleh Razie (2012). Mikroba selulolitik ini mampu menghasilkan tiga macam enzim *selulase* yaitu *endoglukonase*, *eksoglukonase* dan *glukosidase*. Nurhastuti (1997) melaporkan bahwa inokulasi fungi selulolitik *Trichoderma harzianum* juga mempercepat proses dekomposisi brangkasan jagung dan bahan campuran antara brangkasan jagung, jerami padi dan kacang-kacangan. Selanjutnya Nurhastuti (1997) melaporkan bahwa penggunaan pupuk organik yang dihasilkan mampu meningkatkan pertumbuhan sawi.

Fungi *T. harzianum* juga dilaporkan dapat mempercepat dekomposisi limbah sagu, alang-alang dan jagung (Cardai 1997). Lebih lanjut Basuki *et al.* (1995) melaporkan bahwa bila dekomposer fungi selulolitik ini dikombinasikan dengan

penambahan N dan P, maka proses dekomposisi tandan kosong kelapa sawit dapat dipercepat dari 12 minggu menjadi 8 minggu dan C/N rasio turun dari sekitar 110 menjadi sekitar 22.

Choiriah (2006) mengisolasi mikroba selulolitik dari rumen sapi, rumen kambing, dan kotoran ayam. Mikroba selulolitik tersebut dilaporkan mempercepat dekomposisi sampah pasar. Penggunaan pupuk organik yang dihasilkan nyata meningkatkan produksi sawi dan kangkung. Sampah kota juga memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk organik. Hal yang harus diperhatikan dalam pemanfaatan sampah kota menjadi pupuk organik adalah kandungan logam berat (Iswandi 2000). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa pencampuran limbah ikan dengan serbuk kulit kelapa (*cocopith*) mampu menghilangkan bau tidak sedap dari limbah ikan. Penggunaan pupuk organik dari limbah ikan tersebut meningkatkan pertumbuhan kangkung dan sawi (Harahap 2004), jagung manis, kangkung cabut dan caisin (Iswandi 2003). Tanaman tomat dan cabai yang dipupuk dengan limbah ikan bersama pupuk kimia nyata meningkatkan pertumbuhan dan produksi dibandingkan dengan tomat dan cabai yang hanya dipupuk dengan pupuk kimia. Pemupukan dengan menggunakan limbah ikan yang dikombinasikan dengan penggunaan pupuk kimia dilaporkan meningkatkan hasil cabai sebesar 148% dan tomat sebesar 59% (Iswandi 2001).

Proses pengomposan limbah organik di Taman Safari Indonesia (TSI) Cisarua Bogor, dilakukan dengan penambahan dekomposer, pupuk N dan P serta kapur. Waktu pengomposan limbah TSI ini dapat dipersingkat dari 8 minggu menjadi sekitar 5-6 minggu. Proses pembuatan pupuk organik dengan cara ini juga menghilangkan patogen seperti *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* dan cacing pita. Penggunaan pupuk organik dari limbah padat Taman Safari Indonesia juga dilaporkan meningkatkan pertumbuhan rumput gajah (Iswandi *et al.* 1996). Dengan demikian, TSI dapat mengelola limbahnya dengan baik dan pada saat yang bersamaan juga dapat menghasilkan pupuk organik yang berkualitas. Pupuk organik yang dihasilkan oleh TSI ini juga dikemas dalam kemasan yang apik sehingga bisa dijadikan souvenir dari TSI. Cacing tanah juga dapat digunakan untuk mempersingkat proses dekomposisi sampah organik dari Pasar Ramayana Bogor, kotoran hewan dari Taman Safari Indonesia dan menurunkan kadar logam berat dari limbah industri pertanian (Permini 1993). Kualitas

pupuk organik yang dihasilkan dapat ditingkatkan dengan penambahan mikroba yang bermanfaat dan penambahan batuan fosfat, dolomit dan bahan lainnya.

III. Pupuk Hayati (*Biofertilizer*)

Pupuk hayati (*biofertilizer*) merupakan mikroba tanah yang dapat meningkatkan ketersediaan dan pengambilan unsur hara, meningkatkan ketahanan atau memproteksi tanaman dari hama dan penyakit, menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman sehingga produksi tanaman meningkat. Pupuk hayati yang banyak dikembangkan di Indonesia adalah (1) mikroba penambat gas N₂ udara, (2) mikroba pelarut fosfat, (3) mikroba pelarut kalium, (4) mikroba yang menghambat perkembangan penyakit (antagonis), (5) mikroba yang dapat merombak senyawa polutan di dalam tanah (bioremediasi) dan (6) mikroba yang dapat merombak bahan organik dalam waktu yang singkat (dekomposer). Semua kelompok mikroba tersebut dijadikan sebagai pupuk hayati ini telah diteliti secara intensif di Divisi Bioteknologi Tanah IPB. Namun ada juga pendapat lain yang mengatakan bahwa pupuk hayati hanya mencakup kelompok (1), (2) dan (3) saja.

3.1. Mikroba Penambat N₂

Penggunaan *Bradyrhizobium* spp. sebagai pupuk hayati untuk tanaman kacang-kacangan seperti kedelai paling banyak diteliti di Divisi Bioteknologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB. Penelitian *Rhizobium* yang intensif dan dibiayai oleh European Union (EU) dengan melibatkan lima negara Italia, Jerman, Thailand, Indonesia dan Australia dilaksanakan dari tahun 2001 sampai 2004. Respon kedelai varietas Leuser dan Kawi terhadap inokulasi dengan *Bradyrhizobium japonicum-iaaMtms* RD-69 yang dilaporkan oleh Nainggolan (2004) menunjukkan bahwa inokulasi kedelai dengan *B. japonicum-iaaMtms* RD-69 nyata meningkatkan pertumbuhan kedua varietas kedelai tersebut. Dalam rangkaian penelitian ini, juga diteliti pengaruh inokulasi kacang tanah dengan *Rhizobium*. Inokulasi *Rhizobium* pada kacang tanah varietas Gajah nyata meningkatkan tinggi tanaman, bobot basah dan kering tanaman bagian atas. Inokulasi *Rhizobium* pada kacang tanah varietas Kidang nyata meningkatkan tinggi tanaman, bobot basah dan kering akar serta bobot

kering tanaman bagian atas. Inokulasi *Rhizobium* DR4 pada kacang tanah varietas Kidang mampu meningkatkan bobot basah dan kering akar serta bobot kering tanaman bagian atas yang menyamai perlakuan pupuk Urea 200 kg N/ha. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan inokulan *Rhizobium* DR4 pada kacang tanah varietas Kidang setara dengan pemberian pupuk Urea sebesar 200 kg N/ha (Ramdani 2007). Lebih lanjut, Kusnidar (2004) menjelaskan bahwa inokulasi *Rhizobium* RD-59 meningkatkan produktivitas kacang tanah varietas Pelanduk. Pertumbuhan kacang tanah dengan inokulasi *Rhizobium* RD-59 pada varietas Pelanduk sama baiknya dengan penggunaan 100 ppm N yang setara dengan 450 kg Urea per ha.

Pengembangan kedelai di lahan gambut dapat dilakukan dengan menambahkan tanah mineral, kapur, besi dan pupuk NPK (Halim 1987). Akan tetapi jumlah tanah mineral, kapur, besi dan pupuk NPK yang harus ditambahkan sangat banyak. Penggunaan pupuk kimia terutama Urea dapat dikurangi dengan penggunaan *Bradyrhizobium*. Hal ini penting diperhatikan untuk mengurangi pencemaran lingkungan oleh pupuk kimia. Untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai di tanah gambut, maka inokulasi benih kedelai dengan *Bradyrhizobium* sangat diperlukan (IPB 1986). Sagiman (2000) menemukan empat isolat *Bradyrhizobium* lokal yang berasal dari tanah gambut Pontianak yang sangat efektif dalam meningkatkan produktivitas kedelai dan mengurangi jumlah pupuk Urea yang digunakan sampai 50%.

Sihono (2005) mengisolasi *Rhizobium* dari bintil akar *Acacia crassicarpa* berumur empat tahun yang ditanam di kawasan HTI RAPP Pelawan, Pangkalan Kerinci, Riau. Inokulasi benih *A. crassicarpa* dengan *Rhizobium* nyata meningkatkan pertumbuhan bagian atas dan akar tanaman serta serapan N dan K (Gambar 1).

Penelitian ini dilanjutkan oleh Iswandi *et al.* (2007) dengan mengkombinasikan inokulan *Rhizobium* dengan mikroba pelarut fosfat di Persemaian Hutan Tanaman Industri RAPP di Pelelawan, Riau. Perusahaan ini setiap tahun membutuhkan bibit yang berkualitas sebanyak 100 juta bibit untuk penanaman kembali. Penggunaan pupuk kimia saja dalam pembibitan menghasilkan bibit yang kurang baik kualitasnya dan biaya pemupukan di pembibitan yang mahal. Usaha untuk mengurangi penggunaan pupuk buatan dengan menggunakan *Rhizobium* cukup berhasil namun *Rhizobium* yang digunakan berasal dari luar negeri, sehingga harganya lebih mahal.



Sumber: Sihono (2005)

Gambar 1 Keragaan dari bibit *Acacia crassicarpa* yang diinokulasi dengan isolat *Rhizobium* spp., 1) Rh Ac-5, 2) Rh Ac-6, 3) tanpa inokulasi, 4) dipupuk Urea

Oleh karena itu, perusahaan berusaha menggunakan *Rhizobium* lokal yang diambil dari bintil akar tanaman *Acacia* yang tumbuh di lapangan. Penggunaan inokulum *Rhizobium* dari bintil akar *Acacia* yang tumbuh di lapangan ini kurang memuaskan dalam perbaikan kualitas. Hal ini disebabkan karena kualitas *Rhizobium* yang diambil dari bintil akar *Acacia* yang tumbuh di lapangan memiliki mutu yang tidak seragam sehingga efisiensi perbaikan kualitas bibit *Acacia* tidak sesuai dengan yang diharapkan. Penelitian yang intensif mengenai isolasi dan seleksi *Rhizobium* dan mikroba pelarut fosfat lokal yang unggul untuk memperbaiki pertumbuhan bibit *A. mangium* dan *A. crasicarpa* di Pembibitan RAPP Pelelawan, Riau dilakukan pada tahun 2006 - 2007. Dalam penelitian ini bukan hanya *Rhizobium* yang diisolasi dan diseleksi tetapi juga mikroba pelarut fosfat. Hasil penelitian ini memperoleh beberapa isolat *Rhizobium* lokal dan mikroba pelarut fosfat yang bila dikombinasikan penggunaannya memperbaiki pertumbuhan bibit dan kualitas (kekompakan akar) bibit *A. mangium* dan *A. crasicarpa* serta mengurangi jumlah penggunaan pupuk kimia (Gambar 2).



Sumber : Iswandi *et al.* (2007)

Gambar 2. Keragaan akar bibit *A. crassicarpa* tanpa inokulasi (kiri) dan yang diinokulasi dengan *Rhizobium* spp. dan mikroba pelarut fosfat (kanan)

Elfiati (2004) melakukan penelitian penggunaan inokulan *Rhizobium* pada tanah mineral masam untuk memperbaiki pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). Isolat *Rhizobium* GR2-7 dan GR3-4 yang toleran terhadap kemasaman dan Al juga efektif dalam menambat N₂ udara. Kedua isolat ini mampu meningkatkan bobot kering sengon yang ditanam pada tanah Ultisol dan Inceptisol. Inokulasi dengan isolat *Rhizobium* GR2-7 dan GR3-4 meningkatkan serapan nitrogen sangat nyata. Penelitian yang dilakukan oleh Wasis (1996) menunjukkan bahwa pemberian kapur, pupuk TSP dan inokulasi *Rhizobium* meningkatkan pertumbuhan dan kualitas semai sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen). Umur semai sengon di persemaian dapat dipersingkat dari 16 minggu menjadi 10 minggu. Dengan demikian, inokulasi bibit sengon dengan *Rhizobium* sangat diperlukan. Penelitian serupa dilakukan Ernikawati (1996) yang melaporkan bahwa inokulasi *Rhizobium* nyata meningkatkan tinggi bibit sengon pada Podzolik Gajrug dan Grumusol Cihea.

Selain dari penelitian mengenai *Rhizobium*, penelitian mengenai penambat N₂ secara bebas yaitu *Azotobacter* dan *Azospirillum* juga dilakukan di Divisi Bioteknologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian IPB. Hasil penelitian Razie dan Iswandi (2005) menunjukkan bahwa inokulasi *Azotobacter* dan *Azospirillum* meningkatkan pertumbuhan tanaman padi IR64 dan padi varietas lokal Siam Unus. Peningkatan total N dalam jaringan tanaman padi IR64 yang diinokulasi dengan *Azotobacter* spp. dan *Azospirillum* spp. berhubungan dengan kemampuan isolat-isolat tersebut dalam menambat N₂. Peningkatan kandungan total N tertambat diikuti oleh peningkatan kandungan N total jaringan tanaman. Isolat *Azotobacter* spp. dan

Azospirillum spp. meningkatkan pertumbuhan akar dan pertumbuhan bagian atas tanaman padi IR64.

Iswandi *et al.* (2013) menguji efektivitas pupuk hayati Azozo pada tanaman padi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk hayati Azozo yang dikombinasikan dengan pemupukan 50% NPK nyata meningkatkan pertumbuhan dan produksi gabah dan menyamai pertumbuhan dan produksi gabah pemupukan 100% NPK. Perlakuan pemupukan 100% NPK adalah 200 ppm N, 100 ppm P, dan 100 ppm K. Pupuk hayati Azozo sudah digunakan di berbagai lokasi dalam memproduksi sayur organik caisin, kangkung, bayam, dan lain-lain.

3.2. Mikroba Pelarut Fosfat

Fosfat merupakan unsur hara makro yang berperan penting bagi pertumbuhan dan produksi tanaman, namun demikian ketersediaan fosfat di dalam tanah-tanah di Indonesia sangat rendah. Hal ini disebabkan oleh karena umumnya pH tanah di Indonesia adalah masam. Batuan fosfat alam yang terdapat di Indonesia mempunyai kandungan P yang rendah dan daya larut yang rendah. Untuk mencukupi kebutuhan pupuk P, bahan baku pupuk fosfat harus diimpor, harganya mahal dan perlu devisa yang banyak.

Berbagai usaha dilakukan untuk meningkatkan efisiensi ketersediaan fosfat bagi tanaman seperti pengapuran tanah masam dan penambahan pupuk organik. Usaha lain adalah dengan menggunakan mikroba pelarut fosfat (MPF) baik bakteri pelarut fosfat (BPF) maupun fungi pelarut fosfat (FPF). Premono *et al.* (1994) berhasil mengisolasi 219 isolat MPF yang terdiri dari 150 BPF dan 69 FPF dari contoh tanah dan akar tanaman tebu yang diambil dari berbagai lokasi dari daerah Lampung, Sumatera Selatan, Sragen, dan Madura. Setelah diseleksi berdasarkan kemampuannya dalam melarutkan berbagai bentuk fosfat sukar larut, enam spesies MPF berhasil diidentifikasi yang terdiri dari satu spesies FPF (*Aspergillus ficuum*) dan lima spesies bakteri (*Bacillus subtilis*, *Yersinia kristensenii*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Klebsiella terriguma*). Selanjutnya Iswandi dan Hifnalisa (1996) berhasil mengisolasi MPF dari berbagai tipe penggunaan lahan di Kalimantan Barat yang terdiri dari hutan primer, hutan sekunder, kebun karet, ladang berpindah, dan padang alang-alang. Berdasarkan hasil penelitian mereka, terdapat perbedaan kemampuan dari BPF dan FPF dalam melarutkan $AlPO_4$ dan $FePO_4$. Banik dan Dey (1982) melaporkan bahwa FPF

lebih efektif melarutkan P dalam bentuk aluminium fosfat (kondisi asam), sedangkan BPF lebih mampu melarutkan P dalam bentuk kalsium fosfat (kondisi basa).

MPF diketahui dapat melarutkan berbagai sumber fosfat sukar larut. Selain dapat melarutkan fosfat dalam bentuk batuan fosfat. Puspitawati *et al.* (2013) berhasil mendapatkan isolat mikroba pelarut fosfat yang terdiri dari 10 isolat bakteri pelarut fosfat (BPF) dan enam isolat fungi pelarut fosfat (FPF) yang dapat melarutkan sumber fosfat berupa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , dan FePO_4 . Maningsing dan Iswandi (1996) menyatakan bahwa fungi *Aspergillus niger* sebagai pelarut P mampu meningkatkan kelarutan P dari sumber fosfat berupa AlPO_4 antara 65% sampai 135%.

Penelitian dari Puspitawati *et al.* (2013) membuktikan bahwa aplikasi MPF pada tanaman padi sawah nyata meningkatkan pertumbuhan tanaman padi, serapan P dan menghemat penggunaan pupuk P kimia sampai dengan 50%. Premono *et al.* (1996) menguji FPF (*Aspergillus ficuum*) dan BPF (*Pseudomonas putida*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Klebsiella terriguma*) dalam melarutkan fosfat sukar larut dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tebu. Isolat *Aspergillus ficuum* dan *Pseudomonas fluorescens* nyata meningkatkan bobot kering tanaman tebu sampai 38% dan meningkatkan efisiensi pemupukan P dari TSP sampai 135%.

Elfiati (2004), menguji penggunaan BPF yang terdiri dari *Enterobacter gergoviae*, *Pseudomonas diminuta*, dan *Bacillus subtilis* pada tanah Ultisol dan Inceptisol terhadap pertumbuhan sengon. Penggunaan *P. diminuta* dan *B. subtilis* pada tanaman sengon meningkatkan tinggi tanaman sampai 46%, diameter batang sampai 58%, bobot kering tanaman sampai 98%, dan serapan P pada tanaman sengon sampai 327% .

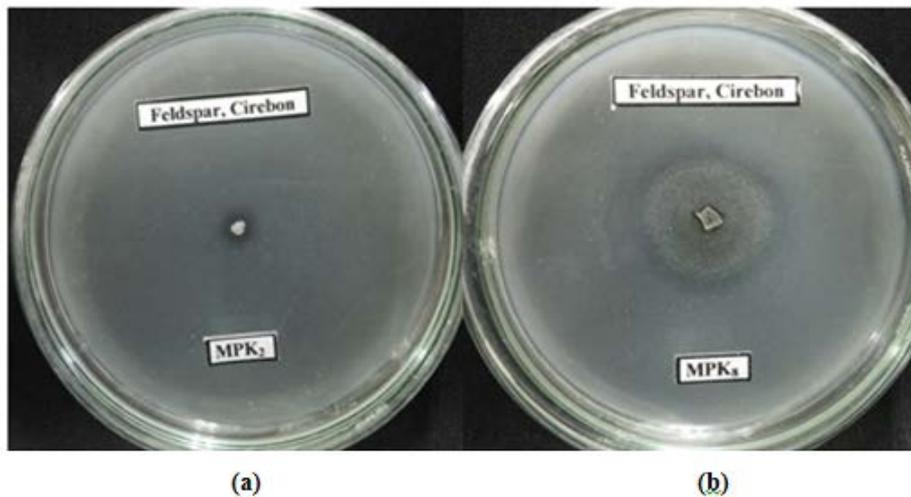
Dalam prakteknya penggunaan pupuk hayati haruslah praktis dan mudah dilaksanakan. Untuk memudahkan penggunaan pupuk hayati, Kurniawan (2004) membuat pelet fungi pelarut fosfat dari *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp. dan melakukan pengujian pelet tersebut untuk meningkatkan ketersediaan P dan memperbaiki pertumbuhan jagung Pioneer (P4) pada tanah Inceptisol Darmaga. Sumber P yang digunakan adalah batuan fosfat alam yang berasal dari Gresik dan Ciamis sedangkan sebagai pembanding digunakan SP-36. Kedua pelet fungi pelarut fosfat tersebut mampu meningkatkan P-tersedia tanah baik yang berasal dari fosfat alam

Gresik maupun Ciamis dan memperbaiki pertumbuhan jagung *Pioneer* serta menyamai pemupukan dengan menggunakan SP-36.

3.3. Mikroba Pelarut Kalium

Kalium merupakan unsur hara ketiga setelah nitrogen dan fosfor yang diperlukan tanaman dalam jumlah yang relatif banyak. Tanah yang kekurangan kalium perlu ditambahkan kalium untuk mencukupi kebutuhan tanaman agar tanaman bisa tumbuh dan berproduksi dengan baik. Penambahan pupuk kalium tersebut umumnya dalam bentuk pupuk kimia berupa garam KCl dan K₂SO₄ (ZK). Di Indonesia tidak ditemukan deposit garam KCl dan K₂SO₄ sehingga pupuk kimia ini harus diimpor. Dengan demikian diperlukan devisa yang banyak dan Indonesia menjadi sangat tergantung pada suplai pupuk K dari luar negeri. Oleh karena itu, usaha pemanfaatan sumber kalium yang ada di dalam negeri baik berupa pupuk organik, mineral maupun batuan yang mengandung kalium merupakan usaha yang perlu dilakukan. Tantangan dalam menggunakan batuan dan mineral kalium ini adalah kandungan kaliumnya rendah dan kelarutannya yang juga rendah. Data dari Kementerian ESDM (2015) memperlihatkan bahwa potensi batuan kalium di Indonesia diperkirakan sebanyak 455 juta ton. Salah satu cara untuk meningkatkan kelarutan kalium dari mineral atau batuan kalium adalah dengan menggunakan mikroba pelarut kalium (MPK).

Archana (2007) melaporkan bahwa mikroba pelarut kalium bisa berupa bakteri pelarut kalium (BPK) maupun fungi pelarut kalium (FPK). Basak dan Biwas (2010) melaporkan bahwa bakteri pelarut kalium yang lebih efektif dalam melarutkan kalium dari mineral dan batuan adalah *Bacillus mucilaginosus*. Lebih lanjut Prajapati *et al.* (2013) menambahkan bahwa *Aspergillus terreus* juga mempunyai kemampuan yang tinggi dalam melarutkan mineral dan batuan yang mengandung kalium. Penelitian pelarut kalium juga telah dilakukan di Divisi Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB. Pratama *et al.* (2016) melaporkan sebanyak 185 isolat mikroba pelarut kalium berhasil diisolasi dari tanah pertanian dan tanah bekas tambang. Setelah diseleksi lebih lanjut berdasarkan sifat patogenitas isolat dan kemampuan melarutkan kalium dari feldspar, diperoleh sebanyak 10 isolat MPK yang mempunyai efektivitas yang tinggi dalam melarutkan kalium dari feldspar (Gambar 3).



Sumber: Pratama *et al.* (2016)

Gambar 3. Pertumbuhan isolat mikroba pelarut kalium pada media *Alexandrov* agar
 a) bakteri pelarut kalium, b) fungi pelarut kalium

Isolat MPK yang diuji pada tanaman sorgum menunjukkan bahwa isolat MPK nyata meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering tajuk, dan bobot kering akar tanaman sorgum (Tabel 1). Dua diantara isolat MPK yang berhasil diidentifikasi adalah spesies bakteri *Achromobacter xylosoxidans* dan *Burkholderia cepacia*.

Tabel 1 Pengaruh inokulasi bakteri pelarut kalium (BPK) terhadap pertumbuhan sorgum

Isolat	Parameter		
	Tinggi tanaman (cm)	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
(Tanpa isolat)	48.33 d	0.27 e	0.04 d
(BPK ₁)	77.13 c	0.47 d	0.12 d
(BPK ₂)	105.33 a	2.09 a	0.54 b
(BPK ₃)	53.17 d	0.41 d	0.07 d
(BPK ₅)	81.07 bc	0.83 c	0.27 c
(BPK ₆)	92.07 b	1.62 b	0.67 a

Sumber: Pratama *et al.* (2016)

Keterangan: Angka yang dibalkan berupa hasil terbesar dari parameter pengamatan. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

3.4. Mikroba Antagonis terhadap Penyakit

Penggunaan mikroba sebagai antagonis terhadap mikroba penyebab penyakit tanaman sudah lama dilaporkan oleh para peneliti. Penelitian antagonis di Divisi Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB juga sudah banyak dilakukan. *Rhizopseudomonas* spp. dilaporkan sangat efektif dalam menekan pertumbuhan *Pseudomonas solanacearum* penyebab penyakit

layu pada kentang serta meningkatkan pertumbuhan tanaman kentang (Herman 1991). *Pseudomonas* spp. dalam pupuk organik yang dibuat dari sampah kota dapat menghambat patogen *Pythium* spp. dan *Sclerotium* spp. penyebab rebah kecambah (*damping off*) pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Pseudomonas* penghambat pertumbuhan patogen dan meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi siderofor yang mengkelat besi, menghasilkan zat pengatur tumbuh tanaman, seperti auksin dan giberelin dilaporkan oleh Sabngiarso (1992).

Widodo *et al.* (1993) meneliti potensi bakteri antagonis *Pseudomonas* spp. kelompok *fluorescens* sangat potensial dalam mengendalikan penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) pada caisin (*Brassica campestris* L. var. *Chinensis* (Rupr.) Olson). Penggunaan bakteri *Pseudomonas* spp. kelompok *fluorescens* yang diisolasi dari rizosfer jagung dan kentang mampu menekan luas dan intensitas serangan dari penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) pada tanaman caisin. Penambahan kelator Fe (III) ke tanah juga dapat meningkatkan kemampuan *Pseudomonas* spp. dalam menekan intensitas serangan dari *Plasmodiophora brassicae* Wor. Dharmaputra *et al.* (1997) mendapatkan 31 isolat *Trichoderma* yang diisolasi dari tiga jenis tanah perkebunan karet, 16 isolat diantaranya memiliki kemampuan antagonisme yang tinggi terhadap *Rigidoporous microporus* yang merupakan penyebab penyakit akar putih pada karet.

Adrianto (1992) menggunakan *Trichoderma* untuk mengendalikan patogen *Rhizoctonia solani* penyebab penyakit busuk pangkal batang tanaman tomat. Pertumbuhan tomat yang diberi pupuk organik yang telah diinokulasi fungi antagonis *Trichoderma* lebih baik dibandingkan dengan pertumbuhan tanaman tomat yang diberi pupuk organik tetapi tidak ditambahkan antagonis. Adanya fungi antagonis di dalam pupuk organik meningkatkan mutu pupuk organik sehingga pupuk organik tidak hanya sebagai bahan organik bagi tanah, tetapi juga berfungsi sebagai pengendali penyakit tanaman secara biologi.

Penggunaan antagonis *Trichoderma* dapat juga dikombinasikan dengan antagonis yang lain. Nurbailis (1992) mengkombinasikan antara *Trichoderma* spp. dengan *Gliocladium* spp. yang bersifat antagonis terhadap *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab busuk batang kacang tanah dengan mekanisme antibiosis, lisis, persaingan

dan hiperparasit. Kombinasi antagonis ini lebih baik dari pada inokulasi antagonis tunggal.

IV. Pupuk Organik Hayati (*Bio-Organic Fertilizer*)

Pupuk organik hayati (*bio-organic fertilizer*) adalah pupuk organik yang ditingkatkan kualitasnya dengan penambahan mikroba berguna seperti penambat N₂, mikroba pelarut fosfat dan mikroba pelarut kalium serta mikroba yang bersifat antagonis. Penggunaan pupuk organik hayati bertujuan untuk mengurangi jumlah penggunaan pupuk kimia sekaligus mengurangi biaya pemupukan, memperbaiki sifat tanah dan mengurangi pencemaran lingkungan. Lumbantobing *et al.* (2008) menguji efektivitas tiga jenis pupuk organik hayati (Fertismart, Ponti dan Biost) dalam mensubstitusi kebutuhan pupuk kimia pada sorgum manis. Ketiga pupuk organik hayati tersebut nyata meningkatkan pertumbuhan sorgum manis dan mengurangi kebutuhan pupuk kimia sebanyak 50% baik di rumah kaca maupun di lapang. Hasil pengujian yang serupa juga dilaporkan oleh Ananty (2008) yang menguji ketiga jenis pupuk organik hayati tersebut terhadap kemampuannya dalam mensubstitusi pupuk kimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 50% kebutuhan pupuk kimia (NPK) tanaman caisin dapat disubstitusi dengan menggunakan pupuk organik hayati.

Pemberian pupuk organik jerami diperkaya *Azotobacter* mampu menekan penggunaan pupuk N, P dan K sebanyak 25%. Penggunaan pupuk organik jerami diperkaya *Azotobacter* tanpa pupuk buatan meningkatkan N-NO₃ dan N-NH₄ tanah, dengan 50% dosis N, P dan K mampu meningkatkan kandungan P tersedia dalam tanah dan dengan 75% dosis N, P dan K mampu meningkatkan ketersediaan P dan K. Penggunaan pupuk organik jerami diperkaya *Azotobacter* dengan 100% pupuk N, P dan K mampu meningkatkan gabah kering panen padi Ciherang lebih tinggi dibanding pemberian N, P dan K tanpa pupuk organik (Razie & Iswandi 2008).

Penggunaan pupuk hayati untuk memperbaiki pertumbuhan tebu dan produksi gula dilakukan melalui kerjasama Divisi Bioteknologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB dengan PT. Rajawali Nusantara Indonesia (PT. RNI) tahun 2005–2006 (Iswandi *et al.* 2006). Pengujian dilakukan di lima Pabrik Gula (PG Subang, PG Jati Tujuh, PG Tersana Baru, PG Madukismo dan PG Rejo Agung) pada tanaman *Plant Cane* dan *Ratton Cane*. Kesimpulan dari hasil

penelitian ini antara lain adalah bahwa penggunaan pupuk *Mixed* Hayati, sangat nyata meningkatkan produksi gula dibandingkan dengan pemberian pupuk kimia saja.

Hasil penelitian Lasrin (1997) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk organik yang diperkaya dengan *Azotobacter chroococcum* meningkatkan meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 64.6% dan bobot kering akar sebesar 77.4% dibandingkan tanpa inokulasi *A. chroococcum*. Sodiq *et al.* (2014) menguji pupuk organik hayati Biost pada bibit kelapa sawit. Penggunaan pupuk organik hayati Biost yang ditambah dengan batuan fosfat meningkatkan diameter bonggol dan tinggi bibit kelapa sawit dan menyamai pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan pemupukan 100% SP-36. Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa pupuk organik hayati Biost yang dikombinasikan dengan batuan fosfat dapat mengurangi kebutuhan pupuk P sampai dengan 75%. Pupuk organik hayati ini sudah terdaftar di Kementerian Pertanian setelah lulus dari uji kualitas dan uji efektivitas serta sudah digunakan dalam pemupukan berbagai komoditas pangan, perkebunan (kelapa sawit) dan hutan tanaman industri. Penggunaan pupuk organik hayati ini mengurangi penggunaan pupuk kimia sekitar 25-30% dan sekaligus meningkatkan produksi sekitar 25%. Hal ini sudah dirasakan oleh petani kelapa sawit dan beberapa perkebunan kelapa sawit milik swasta di berbagai daerah di Sumatra dan Kalimantan. Satu perusahaan swasta nasional besar yang bergerak dalam hutan tanaman industri telah melakukan *repeating order* setelah melakukan pengujian sendiri selama dua tahun. Generasi baru dari pupuk ini yang disebut dengan Super Biost sejak tahun 2014 dimasukkan ke dalam salah satu Pupuk Hayati Unggulan Nasional oleh Kementerian Pertanian RI dan sedang dilakukan pengujian yang intersif di balai-balai penelitian dan di lahan petani. Pengujian efektifitas pupuk organik hayati ini dilakukan terhadap tujuh komoditi yaitu padi, jagung, kedelai, cabe, tebu dan bawang merah. Hasil sementara menunjukkan bahwa pupuk organik hayati ini mampu mengurangi sebagian pupuk kimia dan mengurangi biaya pemupukan secara umum serta meningkatkan produksi.

V. Pengelolaan Lingkungan Menggunakan Bioteknologi Tanah

5.1. Pengelolaan Lingkungan Melalui Bioremediasi Tanah

Populasi, aktivitas dan keanekaragaman mikroba tanah sangat tergantung pada sifat tanah dan lingkungan. Secara garis besar mikroba tanah dapat digolongkan kepada

mikroba yang bermanfaat (*beneficial microbes*) dan mikroba yang tidak menguntungkan seperti mikroba penyebab penyakit atau patogen. Pada tanah yang subur, populasi mikroba tinggi, aktifitas yang maksimum dan keanekaragaman yang tinggi. Sebagai salah satu contoh, populasi dan aktivitas mikroba tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan dilaporkan oleh Arimurti (1997). Populasi mikroba total, fungi dan aktivitas mikroba tanah pada lapisan 0 sampai 5 cm nyata lebih besar dibandingkan dengan populasi mikroba total, fungi dan aktivitas mikroba pada lapisan tanah 5 sampai 15 cm. Populasi dan aktivitas mikroba pada hutan primer, hutan sekunder dan padang alang-alang lebih tinggi dari pada populasi dan aktivitas mikroba pada perkebunan karet rakyat.

Metode yang lebih sensitif untuk dijadikan sebagai indikator degradasi sifat tanah adalah dengan menggunakan tolak ukur biomassa karbon mikroba tanah (C-mic) (Adhayanti 1997). Dibandingkan dengan penggunaan kandungan C-organik tanah, maka tolak ukur biomassa karbon mikroba lebih sensitif untuk menunjukkan tingkat degradasi sifat tanah. Biomasa karbon mikroba pada tanah hutan lebih tinggi dibandingkan dengan biomassa karbon mikroba pada sistem *agroforestry*, perkebunan dan padang alang-alang. Kandungan biomasa karbon mikroba tanah berkorelasi positif dengan populasi total mikroba tanah, respirasi tanah dan kandungan total C-organik tanah.

Temperatur dan curah hujan yang tinggi sepanjang tahun di daerah tropis menyebabkan proses biokimia berjalan cepat. Berbagai macam enzim tanah dihasilkan oleh organisme tanah dan tanaman. Sebagai contoh enzim *urease* dihasilkan antara lain oleh mikroba tanah. Enzim *urease* ini segera merubah pupuk Urea yang ditambahkan ke dalam tanah menjadi amonium. Amonium selanjutnya akan mengalami proses nitrifikasi menjadi nitrit dan nitrat. Proses ini melibatkan bakteri khusus yaitu *Nitrosomonas* spp. dan *Nitrobacter* spp. Proses nitrifikasi berjalan dengan cepat bila populasi dan aktivitas bakteri *Nitrosomonas* spp. dan *Nitrobacter* spp. di dalam tanah tinggi. Akibatnya Urea dalam waktu singkat akan dirubah menjadi nitrat (NO_3^-). Nitrat ini mudah tercuci (*leaching*) dari tanah sehingga banyak nitrogen yang hilang dalam bentuk nitrat, sehingga efisiensi pemupukan nitrogen menurun. Proses nitrifikasi ini dapat diperlambat dengan menggunakan senyawa kimia N-serve (*dicyandiamide*-DCD) seperti yang dilaporkan Davies dan Williems (1995). Proses nitrifikasi juga dapat

diperlambat dengan menggunakan bahan nabati yang mampu menghambat aktifitas mikroba seperti daun nimba, biji jarak, biji bengkuang, biji mahkota dewa (Prastiwi 2006). Serbuk biji jarak dan bengkuang mampu menghambat proses nitrifikasi sama efektifnya dengan *N-serve*.

Widjajanti *et al.* (2011) melaporkan bahwa kultur campuran bakteri mampu mendegradasi minyak bumi dengan persentase tinggi (91.86%). Kultur campuran ini terdiri atas *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas alcaligenes*, dan *Bacillus aminovorans*. Kultur campuran fungi hidrokarbonoklastik yang mampu mendegradasi minyak bumi dengan persentase tinggi (87.36%) terdiri atas *Aspergillus parasiticus*, *Aspergillus fumigatus*, dan *Aspergillus oryzae*. Penambahan kultur campuran bakteri dan atau kultur campuran fungi hidrokarbonoklastik pada bioremediasi skala mikrokosmos dapat mempersingkat waktu bioremediasi. Bioremediasi minyak bumi menggunakan kombinasi kultur campuran bakteri dan fungi hidrokarbonoklastik diperkirakan dapat menurunkan konsentrasi minyak bumi dalam waktu 16 hari.

Penelitian bioremediasi tanah yang tercemar minyak bumi juga dilakukan oleh Saidi (1999). Saidi berhasil mengisolasi bakteri dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah yang berpotensi mendegradasi minyak bumi dan solar. Bakteri yang mampu mendegradasi minyak bumi dan solar diidentifikasi sebagai *Bacillus circulans* (Ah41-Ms1), *Pseudomonas stutzeri* (Pr61-Ms1), *Bacillus panthotenticus* (Si201-Ms1), *Pseudomonas diminuta* (Bb171b-Mb2), *Bacillus panthotenticus* (Si 191-Mb1), *Klebsiella edwardsii* (Nn 311-Mb2). Hasil pengujian bakteri terpilih pada tanah Entisol yang ditambahkan minyak bumi dan solar dapat menurunkan pH, minyak bumi dan kadar fenol sebesar 25.64 kali lebih cepat dibandingkan dengan kontrol. Penurunan kadar fenol tertinggi dicapai oleh isolat Pr 61-Ms1 (*Pseudomonas stutzeri*).

Kontaminasi tanah oleh minyak bumi juga diteliti oleh Charlena *et al.* (2010). Hasil penelitian menunjukkan peran konsorsium mikroba dalam proses bioremediasi tanah tercemar limbah minyak bumi fraksi berat dengan teknologi bioremediasi *landfarming* dan *bioslurry* dengan penambahan surfaktan anorganik serta surfaktan nonorganik. Dengan perbaikan kondisi ini, maka *Pseudomonas* sp. mampu mendegradasi senyawa aromatik benzene dengan cepat.

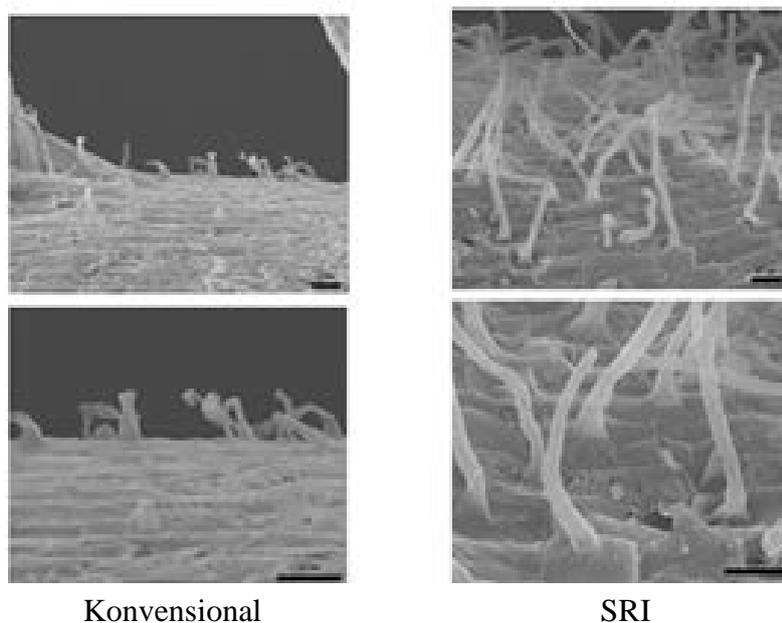
Penanaman padi secara konvensional dengan penggunaan air yang selalu tergenang merupakan salah satu penyebab tingginya emisi gas metan dari persawahan di

Indonesia. Pada kondisi tanah yang tergenang, potensial redoks dari tanah kurang dari - 50 mvolt, sehingga memungkinkan bakteri *Methanogen* aktif memproduksi gas CH₄ (metan). Berkaitan dengan hal ini Divisi Bioteknologi Tanah, Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian IPB bekerjasama dengan Chiba University, Nippon Steel Corporation dan Sumitomo Corporation melakukan serangkaian penelitian yang dimulai tahun 2009 sampai tahun 2012 (Iswandi *et al.* 2012). Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemungkinan penggunaan pupuk silika berupa Noryouku-Up dan mineral sebagai sumber Si, Ca, Mg dan berbagai unsur mikro untuk memperbaiki pertumbuhan dan meningkatkan hasil sekaligus menurunkan emisi gas metan dari penanaman padi sawah. Kesimpulan dari penelitian ini adalah umumnya pupuk silika tidak nyata berpengaruh dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi serta tidak nyata menurunkan emisi gas metan dari padi sawah. Penelitian lain yang dilakukan Ardi (2009) menyebutkan bahwa budidaya padi dengan metode *System of Rice Intensification* (SRI) menurunkan emisi gas metan sebanyak 50% dibandingkan dengan budidaya padi secara konvensional. Lebih lanjut dilaporkan bahwa SRI tidak menurunkan emisi gas N₂O.

5.2. Budidaya padi dengan metode *System of Rice Intensification* (SRI).

System of Rice Intensification (SRI) adalah teknologi budidaya padi yang mengoptimalkan pengelolaan tanah, air dan tanaman sehingga pertumbuhan dan produksi padi optimal. Prinsip dasar dari SRI adalah penanaman padi dengan menggunakan benih yang muda (8 – 12 hari setelah semai), penanaman dangkal satu benih per lubang, dengan jarak tanam yang agak lebar umumnya 25 cm x 25 cm dan pemberian air irigasi yang tidak tergenang tetapi tanah cukup lembab saja. Pupuk yang digunakan bisa pupuk kimia saja atau campuran antara pupuk kimia dengan pupuk organik (SRI *mixed*) atau jika tanah sudah sehat dan jumlah pupuk organik berkualitas cukup tersedia, maka pemupukan dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk organik saja (SRI-Organik). Penyiangan dilakukan dengan menggunakan landak dengan tujuan untuk mengatasi gulma sekaligus mengaduk tanah sehingga meningkatkan aerasi tanah. Di lain pihak dalam budidaya padi konvensional umumnya penggunaan bibit yang sudah tua umur 25 hari setelah semai, akar rusak, bibit ditanam lebih dalam, dengan jumlah bibit lebih dari lima bibit per lubang, jarak tanam

yang lebih rapat dan air irigasi yang selalu tergenang. Dengan budidaya padi SRI ini jumlah input berupa benih, pupuk, pestisida dan air nyata lebih sedikit dibandingkan dengan budidaya padi secara konvensional. Redoks potensial, populasi dan aktivitas organisme tanah meningkat, pertumbuhan akar lebih baik dan akar lebih aktif, akar rambut lebih banyak, morfologi, anatomi tanaman bagian atas juga berubah dan proses fisiologi seperti proses fotosintesis lebih efisien sehingga produksi meningkat. Metode SRI memberikan pengaruh positif terhadap perkembangan akar tanaman padi, akar tanaman akan tumbuh dengan baik sehingga penyerapan hara dalam tanah akan lebih optimal. Gambar 4 memperlihatkan perbedaan akar tanaman padi yang ditanam dengan metode konvensional (kiri) dan metode SRI (kanan). Pertumbuhan vegetatif dan generatif padi yang dibudidayakan dengan metode konvensional dibandingkan dengan metode SRI disajikan pada Tabel 2. Dari data ini dapat dilihat bahwa budidaya padi metoda SRI nyata lebih baik dibanding budidaya padi secara konvensional. Peningkatan produksi padi yang dibudidayakan secara konvensional dibanding dengan metode SRI (Tabel 3). Budidaya padi dengan metode SRI sangat nyata meringkakan produksi sangat nyata dibandingkan dengan budidaya padi secara konvensional.



Sumber: (Hidayati *et al.* 2014)

Gambar 4. Akar rambut tanaman padi yang ditanam menurut metode konvensional(kiri) dan metode SRI (kanan) pada umur 70 yang diamati dengan mikroskop menggunakan pembesaran 500 (atas) dan 1000 kali (bawah)

Tabel 2. Pertumbuhan padi yang dibudidayakan dengan metode konvensional dan metode SRI

No.	Parameter	Konvensional	SRI
1.	Bobot bagian atas tanaman* (g rumpun ⁻¹)	22.3 b	48.4 a
2.	Lebar kanopi 20 cm dari atas permukaan tanah (cm)	15.2 b	19.2 a
3.	Jumlah anakan produktif (m ⁻²)	323.3 b	394.7 a
4.	Kandungan N daun (%)	0.12 b	0.71 a
5.	Kandungan P daun (%)	0.08 b	0.16 a
6.	Bobot akar* (g rumpun ⁻¹)	2.2 b	3.6 a
7.	Akar terpanjang (cm)	23.4 b	27.1 a
8.	Jumlah rambut akar (rambut akar mm ⁻²)	510.2 b	816.2
9.	Jumlah gabah bernas (gabah rumpun ⁻¹)	1023.0 b	2491.3 a
10.	Bobot gabah (g m ⁻²)	618.4 b	769.8 a

*umur 110 hari, Sumber: Hidayati *et al.* (2014)

Tabel 3. Produksi padi yang dibudidayakan dengan tiga metode budidaya

Metode Budidaya			Peningkatan	Pustaka
Konvensional	PTT	SRI		
----- ton ha ⁻¹ -----			----- % -----	
4.58		5.32	16.15	Santosa (2009)
3.59		4.35	33.75	Agusmiati (2010)
6.01		7.94	32.11	Bakrie (2011)
3.56		4.34	21.91	Razie (2012)
7.00		9.00	28.57	Hidayati <i>et al.</i> (2014)
5.42		7.21	33.02	Subardja (2016)
	8.7	9.4	8.05	Budiman (2013)

VI. Penutup

Sistem pertanian yang berkelanjutan dapat dicapai bila pengetahuan tentang bioteknologi tanah dapat diterapkan dengan sungguh-sungguh dan konsisten. Pengetahuan mengenai bioteknologi tanah sampai saat ini sudah sangat memadai untuk mencapai pertanian yang berkelanjutan dengan catatan pengetahuan tersebut benar-benar diterapkan dengan baik.

Pelaksanaan kegiatan pertanian tidak hanya difokuskan pada peningkatan produksi dan meningkatkan pendapatan petani saja, melainkan harus mampu juga mempertahankan kelestarian lingkungan sehingga tingginya hasil pertanian dapat dipertahankan. Melalui penerapan berbagai hasil penelitian bioteknologi tanah dengan sungguh-sungguh, maka pertanian yang berkelanjutan dapat diwujudkan. Peranan aktif

pemerintah melalui program yang jelas secara nasional akan mewujudkan tercapainya sistem pertanian yang berkelanjutan di Indonesia.

Penggunaan pupuk organik, pupuk hayati, maupun pupuk organik hayati disamping penggunaan pupuk kimia telah terbukti memberikan dampak yang positif baik bagi pertumbuhan tanaman peningkatan produksi dan pendapatan petani, mengurangi ketergantungan petani pada input dari luar dan sekaligus memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah dan lingkungan. Pembuatan pupuk organik yang berkualitas dapat dilakukan dengan menggunakan bioteknologi tanah. Tanah yang tercemar polutan dapat disehatkan kembali melalui bioremediasi tanah. Dengan mengontrol proses biokimia yang melibatkan mikroba tanah, maka efisiensi pemupukan dapat ditingkatkan dan produksi gas rumah kaca dapat dikurangi. Penggunaan metode budidaya yang meningkatkan efisiensi penggunaan input seperti budidaya padi metode SRI akan menghemat input, meningkatkan produksi dan sekaligus meningkatkan pendapatan petani, dan mengurangi pencemaran lingkungan.

Pemasyarakatan penggunaan pupuk organik, pupuk hayati atau pupuk organik hayati bukanlah bertujuan untuk membuat pertanian di Indonesia seluruhnya organik. Selain hal itu tidak mungkin, juga secara nasional untuk memenuhi kebutuhan pangan, penggunaan pupuk organik yang dikombinasikan dengan pupuk kimia adalah merupakan pilihan yang tepat. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara nasional tidak diharamkan tetapi kedua agrokimia ini harus digunakan dengan bijak sehingga produksi pertanian yang tinggi bisa dicapai, keuntungan petani menjadi maksimum dan lingkungan terjaga tetap sehat.

Daftar Pustaka

- Adhayanti Y. 1997. Biomassa karbon mikroorganisme (C-mic) pada berbagai tipe penggunaan lahan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Adrianto R. 1992. Peningkatan mutu kompos dengan fungi tanah antagonis terhadap patogen [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Agusmiati W. 2010. Pengaruh budidaya *system of rice intensification* (SRI) terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah di Kecamatan Tanjung Sari Bogor [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Ananty AD. 2008. Efektifitas *bio-organic fertilizer* (pupuk organik hayati) dalam mensubstitusi kebutuhan pupuk pada tanaman caisin (*Brassica chinensis* [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Archana DS. 2007. Studies of potassium solubilizing bacteria [tesis]. Dharwad (IN): Department of Agricultural Microbiology, University of Agricultural Sciences.
- Ardi F. 2009. Emisi gas metan (CH₄) dan nitro oksida (N₂O) pada budidaya padi *System of Rice Intensification* (SRI) di Desa Nagrak, Sukabumi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Arimurti S. 1997. Populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Banik S, Dey BK. 1982. Available phosphate content in alluvial soil as influenced by inoculation of some isolated phosphate-solubilizing microorganisms. *Plant Soil*. 69: 353 – 364.
- Bakrie MM. 2012. Aplikasi pupuk anorganik dan pupuk organik hayati pada budidaya padi SRI [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Basak BB, Biswas DR. 2010. Co-inoculation of potassium solubilizing and nitrogen fixing bacteria on solubilization of waste mica and their effect on growth promotion and nutrient acquisition by a forage crop. *Biol Fertil Soil*. 46: 641-648.
- Basuki, **A Iswandi**, Hadioetomo AS, Purwadaria T. 1995. Pengomposan tandan kosong kelapa sawit dengan pemberian nitrogen, fosfor, dan inoculum fungi selulolitik. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*. 13: 58-64.
- Budiman M. 2013. Pengaruh pupuk hayati terhadap pertumbuhan dan produksi padi sawah pada teknik budidaya *system of rice intensification* (SRI) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Cardai. 1997. Sifat kompos yang berasal dari berbagai bahan yang diinokulasi *Trichoderma harzianum* dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung pada Latosol Dramaga [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Charlena, **A Iswandi**, Mas'ud ZA, Syahreza A, Wanodyanti ND. 2010. Profil kelarutan limbah minyak berat akibat penambahan bahan pencampur. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12(1): 31-35.

- Choiriah S. 2006. Inokulasi mikroba selulolitik untuk mempercepat proses pengomposan sampah pasar dan pengaruh kompos terhadap produksi dan usahatani sayuran [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Dharmaputra OS, A **Iswandi**, Husaini M. 1997. Kemungkinan pemanfaatan *Trichoderma* yang dikombinasikan dengan Triadimefon untuk mengendalikan penyakit akar putih (*Rigidoporus Microporus*) pada Karet. *Kongres Nasional VII Perhimpunan Ahli Mikrobiologi Indonesia, Denpasar, Bali*.
- Davies DM, Williems PJ. 1995. The effect of nitrification inhibitor dycisndiamide on nitrate leaching and ammonia volatilization. AUK Nitrate Sensitive Areas Perspective. *J. Environ. Manag.* 45:263-272.
- Elfiati D. 2004. Penggunaan *Rhizobium* dan Bakteri Pelarut Fosfat pada tanah mineral masam untuk memperbaiki pertumbuhan bibit sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ernikawati D. 1996. Pengaruh pemberian kapur, urea dan inokulan *Rhizobium* terhadap kapasitas penambatan nitrogen dan pertumbuhan semai sengon (*Paraseriantes faslatari* (L) Nielsen) pada tanah Latosol, Podsolik dan Grumusol [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Halim A. 1987. Pengaruh pencampuran tanah mineral dan basa dengan tanah gambut pedalaman Kalimantan Tengah dalam budidaya kedelai [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Harahap M. 2004. Pengaruh campuran limbah ikan dengan *cocopith* terhadap pertumbuhan tanaman [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Herman. 1991. Beberapa strain *Rhizopseudomonas* sebagai pengendali *Pseudomonas Solanacearum* dan pemacu pertumbuhan tanaman ketang (*Solanum tuberosum* L.) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hidayati N, Triadiati, A Iswandi. 2014. Root Morphology and Anatomy of Rice Plants Cultivated Under System of Rice Intensification (SRI) [poster]. *International Rice Congress, Bangkok*.
- [IPB] Institut Pertanian Bogor. 1986. Gambut Pedalaman unuk Pertanian. Kerjasama Dinas Pertanian Tanaman Pangan Propinsi Dati I Kalimantan Tengah dengan Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.

- Iswandi A**, Hifnalisa. 1996. Populasi mikroorganisme pelarut fosfat pada berbagai tipe penggunaan lahan di daerah Sekadau, Kalimantan Barat [prosiding]. *Seminar Nasional Mikrobiologi Lingkungan II, Bogor*.
- Iswandi A**, Jacob A, Manuwoto S, Sumampouw T. 1996. An integrated solid waste management at Indonesian wildlife park (TSI) Cisarua, Bogor, Indonesia. *Waste Management Conference, Dunedin, New Zeland*.
- Iswandi A**. 2000. Potensi kompos sampah kota untuk pertanian di Indonesia. *Seminar dan lokakarya Pengelolaan Sampah Organik untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan dan Kelestarian Lahan Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang*.
- Iswandi A**. 2001. Fish waste as an alternative fertilizer. *Communicationes Agriculturae*. 7 (1): 13 – 18.
- Iswandi A**. 2003. Pengaruh *cocopith* dan limbah ikan cair terhadap pertumbuhan jagung manis (*Zea mays saccharata strut*), kangkung cabut (*Ipomea reptans poir*) dan caisin (*Brassica rapa L.*). *Habitat*. 14 (1): 44 – 54.
- Iswandi A**, Sukar, Praptiningsih, Sulistiyanto D, Arifin Z, dan Berry A, Hendroko R, Purnomo H. 2006. *Uji pupuk Mixed-G, Hormon dan Humic Acid; Pupuk Mixed Hayati dan Pupuk Mixed Biosida terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tebu*. Kerjasama Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian IPB dengan PT Rajawali Nusantara Indonesia (RNI). (Laporan Akhir).
- Iswandi A**, Megasari NK, Puspasari A, dan Arsyad RH. 2007. *Isolasi dan Seleksi Rhizobium dan Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) Unggul Lokal untuk Memperbaiki Pertumbuhan Bibit Acacia mangium dan A. crasicarpa di Persemaian RAPP Pelelawan, Riau*. Kerjasama antara Institut Pertanian Bogor dengan Yayasan Bhakti Tanoto (YBT), Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP) No. 012/PKS/YBT/X/06 10 Nov 2006. (Laporan Akhir).
- Iswandi A**, Utami MP, Megasari NK. 2012. *Effect of AgriPower (Noryouku-Up and Minekal) on Reducing CH4 Emission, Improve Growth and Increase Yield of Rice* [Final Report]. Research Collaboration between Faculty of Agriculture, Bogor Agricultural University (IPB), Chiba University, Nippon Steel Corporation and Summitomo Corporation.

- Iswandi A**, Hazra F, Rakhmadina VD. 2013. Potensi oligochitosan, vitazyme dan biofertilizer dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi padi (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 15 (1): 5 – 11.
- [KESDM] Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2015. Neraca Mineral [internet]. Tersedia: <http://psdg.bgl.esdm.go.id/Neraca/NeracaMineral214.pdf> (diakses 20 Desember 2015)
- Kurniawan LA. 2004. Uji kemampuan pelet fungi pelarut fosfat (*Aspergillus* sp dan *Penicillium* sp) dalam meningkatkan ketersediaan P dan pertumbuhan jagung Pioneer P4 pada Inceptisol Darmaga [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kusnidar J. 2004. Respon pertumbuhan dan produksi kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) varietas pelanduk dan gajah terhadap inokulasi *Rhizobium-iaa* Mtms2 RD-59 [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Lasrin H. 1997. Ketahanan hidup *Azotobacter* penambat nitrogen pada berbagai bahan pembawa serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Lumbantobing ALN, F Hazra, **A Iswandi**. 2008. Uji efektivitas *bio-organic fertilizer* (pupuk organik hayati) dalam mensubstitusi kebutuhan pupuk anorganik pada tanaman *sweet sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 72 – 76.
- Nainggolan G. 2004. Respon kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) varietas Leuser dan Kawi terhadap inokulasi *Bradyrhizobium japonicum-iaa*Mtms RD-69 [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nurbailis. 1992. Pengendalian hayati *Sclerotium rolfsii* Sacc. penyebab busuk batang kacang tanah (*Arachys hipogea* L.) dengan kompos dan fungi antagonis [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nurhastuti EE. 1997. Inokulasi *Trichoderma harzianum* pada proses dekomposisi bahan organik serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil sawi [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Permini RD. 1993. Pengomposan berbagai limbah organik dengan menggunakan cacing tanah [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Prajapati K, Modi HA. 2012. Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. *CIBTech Journal of Microbiology*. 1 (2-3): 8 – 14.
- Prastiwi SE. 2006. Uji efektivitas penghambat nitrifikasi (*nitrification inhibitor*) pada Incepticol Darmaga [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Pratama D, **A Iswandi**, Suwarno 2016. Ability of potassium solubilizing microbes to solubilize feldspar. *Submitted to Malaysian Journal of Soil Sciences (MJSS)*.
- Premono ME, **A Iswandi**, Soepardi G, Hadioteomo RS, Saono S, Sisworo WH. 1994. Isolasi dan seleksi jasad renik pelarut fosfat (JRPP) dari perkebunan tebu. *Majalah Penelitian Gula*. 30 (3 – 4): 25 – 29.
- Premono ME, **A Iswandi**, Soepardi G, Hadioetomo RS, Saono S, Sisworo WH. 1996. Peranan jasad renik pelarut fosfat dalam meningkatkan keefisienan pupuk P dan pertumbuhan tebu. *Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta*. p 177 – 185.
- Puspitawati MD, Sugiyanta, **A Iswandi**. 2013. Pemanfaatan mikrob pelarut fosfat untuk mengurangi dosis pupuk P anorganik pada padi sawah. *J. Agron. Indonesia*. 41 (3): 188 – 195.
- Ramdani MD. 2007. Efektivitas inokulan *Rhizobium* terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max (L.) Merr*) dan kacang tanah (*Arachis hypogea L.*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Razie F, **A Iswandi**. 2005. Potensi *Azotobacter* spp. (dari lahan pasang surut Kalimantan Selatan) dalam menghasilkan Indole Acetic Acid (IAA). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 7 (1): 35 – 39.
- Razie F, **A Iswandi**. 2008. Effect of *Azotobacter* and *Azospirillum* on growth and yield of rice grown on tidal swamp rice field in South Kalimantan. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 41-45.
- Razie F. 2012. Efisiensi pemupukan dengan penambahan kompos jerami pada budidaya padi *System of Rice Intensification (SRI)* di daerah pasang surut Kalimantan Selatan [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sabngiarso I. 1992. Uji antagonis *Pseudomonas* sp. dalam kompos sampah kota terhadap patogen tular tanah penyebab rebah kecambah pada tanaman tomat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

- Sagiman S. 2000. Peningkatan produksi kedelai di tanah gambut melalui inokulasi *Bradyrhizobium japonicum* asal gambut dan pemanfaatan bahan amelioran (lumpur dan kapur) [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Saidi D, **A Iswandi**, Hadi N, Santosa DA. 1999. Kemampuan bakteri dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah dalam merombak minyak bumi dan solar. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 12(2):1-7
- Santosa SK. 2009. Pertumbuhan dan produksi padi dengan budidaya *system of rice intensification* (SRI) di Kecamatan Kebon Pedes, Kabupaten Sukabumi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sihono. 2005. Efektivitas isolat *Rhizobium* dalam meningkatkan pertumbuhan semai Akasia (*Acacia crassicarpa* A. Cunn ex Beath) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sodiq AH, **A Iswandi**, Santosa DA, Sutandi A. 2014. Kombinasi pupuk organik hayati dan pupuk fosfat untuk peningkatan keragaan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 16 (1): 38 – 44.
- Subardja VO. 2016. Pengelolaan limbah pertanian dan sampah pasar untuk perbaikan sifat tanah dan peningkatan hasil padi dengan metode SRI di lahan salin Karawang [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Wasis B. 1996. Upaya peningkatan mutu semai sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen) melalui pemberian kapur, pupuk TSP dan inokulasi *Rhizobium* pada tanah masam [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Widjajanti H, **A Iswandi**, Gofar N, Ridho MR. 2011. Biodegradation of petroleum hydrocarbon by single and consorsiumof hidrocarbonoclastic bacteria from petroleum polluted mangrove areas. *Proceedings of the International Seminar on Exploring Research Potentials*.
- Widodo, Sinaga SM, **A Iswandi**, Machmud M. 1993. Penggunaan *Pseudomonas* spp. kelompok flouresen untuk pengendalian penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae* WOR. pada caisin (*Brassica campestris* L. var. *Chinensis* (Rupr.) Olson). *Buletin HPT*. 6 (2): 94 – 105.

Ucapan Terimakasih

Alhamdulillah Rabbil'aalamiin.

Tiba saatnya bagi saya untuk menyampaikan bagian yang sulit dan berat karena tidak mungkin menyampaikan ucapan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu saya dengan berbagai cara hingga saya dapat mencapai keadaan saya seperti sekarang ini. Saya memohon maaf yang sebesar-besar dan setulus-tulusnya kepada pihak yang tidak saya sebutkan dalam ucapan terima kasih saya ini. Semoga bantuan yang diberikan kepada saya menjadi amal ibadah yang diterima Allah SWT. Aamiin.

Syukur alhamdulillah saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat Rahmat dan Hidayah Nya lah saya dapat berdiri di forum yang sangat terhormat ini untuk menyampaikan orasi ilmiah Guru Besar saya.

Saya menyampaikan ucapan terimakasih kepada Menteri Pendidikan dan Kebudayaan RI atas penetapan saya sebagai Guru Besar tetap dalam bidang Biologi Tanah terhitung sejak 1 Juli 2005. Ucapan terimakasih dan penghargaan juga saya sampaikan kepada Rektor IPB dan segenap jajarannya, Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanah, Ketua dan Anggota Senat Akademik IPB, Ketua dan Sekretaris Dewan Guru Besar IPB, Ketua dan Anggota Senat Akademik Fakultas Pertanian IPB, Dekan Fakultas Pertanian IPB, Ketua Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan dan para dosen khususnya kepada kolega di Divisi Bioteknologi Tanah, yang memberikan kesempatan dan dorongan serta dukungan hingga saya memperoleh jabatan akademik tertinggi yaitu Guru Besar dalam Bidang Biologi Tanah.

Pada kesempatan ini saya juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Prof. Dr. Ir Dwi Andreas Santosa, MS dan Prof. Dr Ir Supiandi Sabiham, M. Agr yang telah berkenan menelaah naskah Orasi Ilmiah Guru Besar ini ditengah kesibukan beliau berdua. Koreksi dan masukan dari beliau berdua sangat bermanfaat dalam memperkaya naskah Orasi Ilmiah Guru Besar ini.

Terimakasih juga saya kepada semua kolega di Divisi Bioteknologi Tanah DITSL Prof. Dr Ir Dwi Andreas Santosa, MS, Dr Ir Gunawan Djajakirana, Dr Rahayu Widyastuti, M.Sc serta Ir Fahrizal Hazra M.Sc atas kebersamaan dan dukungannya selama ini termasuk dalam menyiapkan naskah orasi ilmiah Guru Besar ini. Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada Tim Orasi Ilmiah Divisi Bioteknologi Tanah

yang diketuai oleh Ibu Dr Rahayu Widyastuti, M. Sc. dengan anggota Ibu Asih Karyati, Winda Ika Susanti SP MSi, Deni Pratama SP, Vera Oktavia Subardja SP, Nurrobifahmi SP, Desak Ketut Tristiana S.Si., Deni Ari Septian, Bayu Adirianto SK, Albertus Setya, Taufik Bachtiar SP, Sarjito, Juleiha dan Yetty atas kerja keras yang teliti sehingga Buku Orasi Ilmiah ini dapat diselesaikan dengan baik dan tepat waktu.

Ucapan terima kasih saya sampaikan juga kepada Pembimbing Skripsi S1 yaitu Bapak Prof. Dr Ir Oetit Koswara (Alm), Bapak Ir Freddy Leiwakabessy (Alm) dan Bapak Prof. Dr Ir M. Udin Wahyuddin MS, yang telah membimbing saya dan memberikan kesempatan dan kepercayaan dalam mengelola lahan gambut secara arif di Delta Berbak Kabupaten Tanjung Jabung, Propinsi Jambi. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada Pembimbing tesis (S2) saya yang sekaligus juga Promotor (S3) saya dari State University of Ghent (Rijkuniversiteit Gent), di Gent Belgia yaitu Prof. Dr Ir Willy Hendry Verstraete. Beliau adalah seorang Guru Besar yang terkenal di Eropa. Beliau mengajari saya bekerja dengan baik dan cara membimbing dan menghargai kawan sekerja termasuk mahasiswa dengan baik. Beliau juga sudah membantu saya mencari beasiswa untuk melanjutkan ke program Doktor dari University of Ghent serta melibatkan saya dalam kerjasama penelitian dengan berbagai perusahaan swasta di Belgia.

Keberhasilan saya menyelesaikan studi Doktor tidak terlepas dari dorongan dan dukungan dari Bapak Prof. Dr Ir A. M. Satari. Setelah beliau menyelesaikan tugas sebagai Rektor IPB, beliau mau menjabat sebagai Ketua Departemen Ilmu Tanah dan pada saat itu beliau mengubah aturan untuk sekolah lanjut dari sistem senioritas menjadi "siapa siap silahkan melanjutkan studi S2 dan S3". Dukungan beliau sangat saya rasakan pada saat saya melanjutkan ke Program S3. Pada saat tersebut kawan-kawan saya kembali ke IPB sedangkan saya sedang berusaha mencari beasiswa untuk Program Doktor. Melalui surat tulisan tangan yang hampir setiap bulan saya terima, beliau berpesan, teruskan usahamu mencari beasiswa untuk program Doktor selama tidak mengambil jatah orang. Berkat suntikan semangat dari beliau saya akhirnya dapat menyelesaikan Doktor dalam waktu kurang dari tiga tahun. Terima kasih Bapak Prof. Dr A.M. Satari. Semoga semua menjadi amal baik Bapak.

Capaian yang telah saya raih juga tidak lepas dari jasa Bapak dan Ibu Guru saya sejak di bangku SR Negeri Sitjintjin, SMP Negeri 1 Payakumbuh, serta SMA Negeri 1

Kabupaten 50 Kota Payakumbuh, Sumatera Barat. Demikian juga bimbingan dari Bapak dan ibu dosen di Fakultas Pertanian IPB khususnya Dosen di Departemen Ilmu Tanah antara lain Bapak Prof. Dr Ir Goeswono Soepardi, M. Sc. (alm). Beliau telah mengajarkan saya bekerja keras sekalipun lingkungan belum kondusif. Selain kita harus bekerja keras, kita harus bisa membuat bidang ilmu dan penelitian yang kurang menarik, merubahnya menjadi menarik dan menjadi perhatian banyak orang. Itulah yang beliau dan saya lakukan sehingga Biologi Tanah yang tadinya dipandang sebelah mata, sekarang sudah menjadi lebih populer dan diminati banyak mahasiswa serta dirasakan pentingnya oleh banyak orang.

Begitu juga dukungan dari dosen lainnya antara lain Bapak Dr Ir Abdul Rachim, MS (alm), Prof. Dr Ir Lutfi Ibrahim Nasoetion, Prof. Dr Ir Naik Sinukaban (alm), dan kawan-kawan seperjuangan dalam menyiapkan lahan transmigrasi di berbagai lokasi. Saya mengucapkan terima kasih khusus kepada kawan seangkatan saya Prof. Dr Ir Sudarsono, M. Sc. yang 'menyeret' saya untuk ikut seleksi beasiswa ke Belgia tahun 1980 sehingga kami berempat bisa mendapatkan beasiswa dari puluhan peserta seleksi beasiswa saat itu. Berkat 'seretan' beliau dan ridho Allah saya bisa berdiri di podium yang sangat terhormat ini.

Kepada teman-teman seperjuangan baik sewaktu di SMA yang tergabung dalam LABAM dan lebih khusus kepada Sahabat Sejati serta kawan-kawan A678 terimakasih atas persahabatan yang selalu hangat yang terus terjalin hingga saat ini dan semoga hingga akhir hayat.

Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada seluruh mahasiswa bimbingan program Diploma, S1, S2 dan S3 yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu atas kerjakeras dan kerjasamanya untuk menghasilkan karya yang sangat berharga bagi pengembangan keilmuan serta karier saya. Saya mengucapkan terima kasih yang tulus kepada mantan mahasiswa saya yang sekarang sudah menjadi kolega yaitu Prof. Dr Ir Nuni Gofar MS, guru besar dari Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya yang khusus datang menghadiri orasi ilmiah guru besar saya ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini saya ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terimakasih kepada ayahanda Anas Dt Musaid (alm) dan ibunda Hj. Ramilan, Tante Darikam serta semua orangtua saya, atas kasih sayangnya, kesabaran, ketulusan dan keikhlasannya dalam membesarkan hingga bisa saya bisa berdiri di forum yang

sangat terhormat ini, juga kepada keluarga besar. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan pada saudara-saudara saya yang datang menghadiri acara orasi ilmiah pada hari ini.

Terimakasih juga saya haturkan kepada istri tercinta Ny. Syamsimar Syamsuddin Uban yang telah mendampingi saya dalam suka dan duka untuk membangun keluarga. Terimakasih juga kepada ananda Marina Ismar, Elidia Ismar, dan Dia Dattoo Ismar serta menantu kami dan cucu-cucu semua. Mohon maaf atas kekurang perhatian yang papa berikan kepada semuanya.

Ucapan terimakasih dan penghargaan yang tinggi saya sampaikan kepada panitia Orasi Ilmiah Guru Besar IPB yang diketuai Direktur Akademik dan Kependidikan bapak Dr Drajat Martianto beserta staf atas kerja kerasnya yang telah menyukseskan acara orasi ini.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr Nills Bochar dari CIFOR dan G. Sharp dari Cornell University, Itacha, USA dan kawan-kawan saya dari pengusaha pupuk organik hayati dan pengurus Dewan Pupuk Indonesia, Bapak Ir Rahman Subandi, Ir David Tobing, dan Bapak Dr Ir M. Edi Premono.

Akhirnya saya sampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak/ibu/saudara hadirin semuanya yang telah dengan penuh perhatian mengikuti acara ini dengan khidmat. Semoga Allah SWT membalas amal baik Bapak/Ibu/ saudara hadirin semuanya. Semoga acara orasi ilmiah ini memberikan manfaat bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabbarakatuh.

Foto Keluarga



Riwayat Hidup

Identitas Diri

Nama Lengkap : Prof. Dr Ir Iswandi Anas Chaniago, M. Sc.
Jenis Kelamin : Laki – laki
Tempat/Tanggal lahir : Payakumbuh, 9 Mei 1950
Agama : Islam
Jabatan Fungsional : Guru Besar (1 Juli 2005)
Pangkat/Golongan : Pembina Utama Madya IV/d
NIP/NIDN : 19500509.197703.1.001
Nama Istri : Ny. Syamsimar Syamsudin Uban
Nama Anak : Marina Ismar
Elidia Ismar, S.H
Dia Dato Ismar, S.Kom
Alamat Kantor : Wing 10 Lantai 5 Gd. Faperta Jl. Meranti Kampus IPB
Darmaga, Bogor 16680
Telp. : +6281310750540
Fax : :+622518629358
E-mail : iswandi742@yahoo.com
Alamat Rumah : Jl. Widuri 4, RT 03/RW 11, Perumahan Dosen
Baranangsiang II, Bogor 16143
Telp. : +622518629360
Fax. : +622518629358
Mobile phone : iswandi742@yahoo.com

Riwayat Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Penyelenggara dan Negara	Bidang Keahlian	Tahun Lulus
Sarjana (S1)	Institut Pertanian Bogor	Kesuburan Tanah	1976
Magister (S2)	University of Ghent, Belgium	Kimia, Fisika dan Mikrobiologi Tanah	1982
Doktor (S3)	University of Ghent, Belgium	Mikrobiologi Tanah	1986

Judul Skripsi/Tesis/Disertasi

Judul Skripsi	Pemupukan nitrogen dan kalium pada padi di lahan gambut Delta Berbak, Jambi
Judul Tesis	<i>Azospirillum brazilienses</i> M4 as seed inoculation and sources of organic nitrogen
Judul Disertasi	<i>Pseudomonas</i> as seed inoculant (major). Tropical countries should, for their wastewater problems, not invest in aerobic but rather anaerobic treatment system (Minor)

Penghargaan yang diterima

No.	Waktu	Bentuk Penghargaan	Pemberi
1	1990	Dosen Teladan I Fakultas Pertanian IPB	IPB
2	1991	Dosen Teladan I Fakultas Pertanian IPB	IPB
3	2005	Dosen Berprestasi Departemen Ilmu Tanah 2005	Faperta IPB
4	2005	Satya Karya 20 tahun	Presiden RI
5	2007	Satya Karya 30 Tahun	Presiden RI
6	2009	CWSS Felicitation	Crop Weed Science Society of India, Bidhan Chandra University
7	2013	PATENT: Proses Menghilangkan Bau Busuk Limbah Pengolahan Ikan dan Pembuatan Pupuk dari Limbah Ikan yang telah Dihilangkan Bau Busuk dan Peningkatan Kandungan Haranya	Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia

Pelatihan

No	Jenis Pendidikan	Diploma/ Sertifikat	Waktu	Tempat
1	Microbial Research of Environmental Pollution	Certificate	1984 – 1985	Faculty of Agricultural Sciences, State University of Gent, 9000 Gent, Belgium
2	Biotechnological Processes in Environmental Technology	Certificate	1984 – 1985	Faculty of Agricultural Sciences, State University of Gent, 9000 Gent, Belgium
3	Short course on VA-Mycorrhiza.	Certificate	1990	Faculty of Agriculture, IPB.
4	Short course on Soil Ecotoxicology , UKSW, Salatiga, Indonesia	Certificate	1990	in Cooperation with Free University of Amsterdam, the Netherlands
5	Environmental Impact Analysis IPB	Certificate A & B	1991	PPLH IPB Bogor
6	Refresher Course for Alumni of the International Training Center	Certificate	1993	UGM with collaboration with State Ghent University, Belgium in Yogyakarta
7	C ³² Analysis, Institute for Soil Science and Plant Nutrition	Certificate	1999 – 2000	George August Goettingen University, Germany
8	Sowdust analysis	Certificate	2004	Hokkaido University, Japan
9	FNCA 2008 Workshop on Biofertilizer Project	-	2008	Malaysian Nuclear Agency, Kuala Lumpur, Malaysia
10	FNCA 2009 Workshop on Biofertilizer Project	-	2009	Bangkok, Thailand
11	FNCA 2012 Workshop on Biofertilizer Project	-	2012	Ulaanbaataar, Mongolia

12	FNCA 2013 Workshop on Biofertilizer Project	-	2013	Beijing, China
13	Equipment-SRI Workshop		2014	AAT, Bangkok Thailand
14	SRI-Arsenic Workshop	-	2015	Bicol University, Phillipine
15	FNCA 2008 Workshop on Biofertilizer Project	-	2015	Nuclear Malaysia Kuala Lumpur, Malaysia

Riwayat Pekerjaan

No.	Tahun	Institusi/Lembaga	Jabatan
1	1988-1990	Tenaga Ahli BPPT	Tenaga Ahli
2	1991 - 2006	Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB	Kepala Lab Biologi Tanah
3	2006 - sekarang	Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, IPB	Kepala Divisi Bioteknologi Tanah
4	2005 – sekarang	Institut Pertanian Bogor	Guru Besar Biologi Tanah IPB
5	2005 – sekarang	Institut Pertanian Bogor	Senat Fakultas Pertanian IPB Komisi C
6	2005 - sekarang	Institut Pertanian Bogor	Dewan Guru Besar IPB
7	2015 – sekarang	Institut Pertanian Bogor	Senat Akademi IPB
8	2014- sekarang	Mabes Polri Bareskrim	Saksi Ahli berkaitan dengan pupuk

Keikutsertaan dalam organisasi keilmuan atau profesi

No.	Tahun	Jenis>Nama Organisasi	Jabatan/ Jenjang Keanggotaan
1	1982 –	Belgian Society of Soil Science	Anggota
2	1986 –	Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI)	Anggota

3	1980 –	International Society of Soil Sciences (ISSS)	Anggota
4	2007 –	International Society for Microbial Ecology (ISME)	Indonesian Ambassador
5	1991 – 1999	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Bogor	Ketua Cabang
6	1999 – 2003	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia Pusat	Ketua II Pusat
7	2008 – 2014	Ketua Umum Indonesian SRI (Ina-SRI)	Ketua Umum
8	2014-	Penasehat Indonesian SRI (Ina-SRI)	Penasehat
9	2009 –	Dewan Pupuk Indonesia (DPI)	Ketua Bidang Pupuk
10	2010 –	APPOHI (Asosiasi Produsen Pupuk Organik Hayati Indonesia)	Penasehat
11	2009 – 2014	Himpunan Kerukunan Tani dan Nelayan Indonesia (HKTI)	Ketua Bidang
12	2008 – 2016	Forum for Nuclear Cooperative in Asia (FNCA) Biofertilizer	Project Leader

Kegiatan pendidikan dan pengajaran

No.	Mata Kuliah	Strata/Jenjang
1	Dasar-Dasar Ilmu Tanah	Sarjana
2	Bioteknologi Tanah	Sarjana
3	Biologi Tanah	Sarjana
4	Pencemaran Tanah	Sarjana
5	Sistem Pertanian Berkelanjutan	Pasca Sarjana
6	Pupuk Biologi (Teknologi Pupuk Hayati)	Pasca Sarjana
7	Bioteknologi Tanah dan Lingkungan	Pasca Sarjana
8	Kebijakan Lingkungan Global	Pasca Sarjana
9	Mikrobiologi dan Bioteknologi Tanah	Pasca Sarjana
10	Biologi Tanah Lanjutan	Pasca Sarjana

11	Pengelolaan Limbah Pertanian dan Teknologi Pengomposan	Pasca Sarjana
12	Polusi dan Bioremediasi Tanah	Pasca sarjana
13	Bahan Organik Tanah	Pasca Sarjana
14	Ekologi Tanah	Pasca Sarjana
15	Pengelolaan Sumberdaya Lahan (2015-)	Pasca Sarjana
	Soil Biology Master Program, Gottingen University, Gottingen, Germany	Master Program 1992-1993
16	Tropical Agriculture and Its Environmental Impacts (Ibaraki Univ. Japan)	Graduate School, Ibaraki University Japan 2006-2010

Pengalaman membimbing mahasiswa (sudah lulus)

No.	Strata	Jumlah (orang)
1	Diploma	5
2	Sarjana	109
3	Magister	58
4	Doktor	35
	Total	207

Kegiatan Penelitian

No.	Tahun	Judul	Sumber Dana / Penyelenggara
1	1987 – 1990	Isolasi, Seleksi Rhizobacteria untuk Pertumbuhan Tanaman	International Foundation of Science, Sweden
2	1987 – 1990	Monitoring Penggunaan Kapur Pertanian di Daerah Transmigrasi Propinsi Jambi	IPB-World Bank
3	1990 – 1994	Studi Peningkatan Produksi Tebu di PG di Pulau Jawa	P3GI
4	1993	Studi Pengaruh B3 Organik terhadap Lingkungan	Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan DKI Jakarta

5	1992/1993 – 1995/1996	Pengaruh mikoriza Vesikula-arbuskula dan Pupuk Batuan Fosfat terhadap Produksi dan Nilai Nutrisi Hijauan Leguminosa Makan Ternak	Hibah Bersaing I/1 – I/4 Perguruan Tinggi
6	1999 – 2000	Peningkatan Produksi Padi Lahan Rawa (Gambut) Satu Juta Hektar di Kalimantan Tengah melalui Pemanfaatan Mikroba Rizosfer Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat	Riset Unggulan Terpadu
7	2001 – 2004	Pemanfaatan Limbah Pengolahan Ikan sebagai Pupuk Organik Cair	Hibah bersaing DIKTI
8	2004	Cellulose and Lignin Degrading Fungi (Decomposers) Isolated From Different Land Use Types in Lampung and Jambi	CSM-BGBD dan CIAT-TSBF
9	2004	Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Kedelai melalui Penggunaan <i>Bradyrhizobium japonicum-iaaMtms2</i> Hasil Rekayasa Genetika	Proyek Quality for Undergraduate Education (QUE Project)
10	2007 – 2008	Pengembangan Budidaya <i>System of Rice Intensification</i> (SRI)	Dikti
11	2008 – 2014	Perbaikan Inokulum <i>Biofertilizer</i> dengan Menggunakan Sterilisasi Sinar Gamma	Forum for Nuclear Cooperative in Asia (FNCA)
12	2008 – 2009	Use of AgriPower to Reduce CH ₄ and N ₂ O Emission from Rice Field and to Increase Growth and Yield of Rice	Sumitomo-Nippon Steel Japan, Faperta IPB
13	2009	Peningkatan Produksi Padi Nasional dan Pengurangan Emisi Gas Metan dari Padi Sawah Melalui Penenerapan Teknologi <i>System of Rice Intensification</i> (SRI)	Program Insentif Percepatan Difusi dan pemanfaatan IPTEK
14	2009 – 2010	AgriPower as Silicate Fertilizer to Increase Rice Growth and Yield	Chiba University-Sumitomo-Nippon Steel Japan, Faperta IPB

15	2010 – 2011	Ambang Batas Fe dalam Pupuk Organik yang Berpotensi Menyebabkan Keracunan Fe Pada Tanaman Padi Sawah	KKP3T LPPM IPB
16	2010 – 2011	Potensi Vitazyme dalam Meningkatkan Efisiensi Pemupukan NPK pada Tanaman Sayuran, Kedelai dan Jagung	Evergreen USA
17	2010 – 2011	Penggunaan Pupuk Silikat AgriPower dalam Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi serta mengurangi Emisi Gas Metan	Sumitomo-Nippon Steel-Chiba University Japan
18	2010 – 2011	Penggunaan Pupuk Organik Hayati dalam meningkatkan Efisiensi Pemupukan	Pribadi dan sumber lain
19	2010 – 2011	Survai Pupuk Organik di P. Jawa dan Evaluasinya berdasarkan Permentas No. 28 Tahun 2009	KP3T
20	2011 – 2012	Studi Kualitas Pupuk Organik di Jabar, Jateng dan Jatim	KP3T
21	2011 – 2013	Pengujian Vitazyme, Oligositosan dan Pupuk Hayati pada Budidaya SRI	Vitazyme USA
22	2011 – 2013	Pengujian Oligositosan untuk Tanaman Sayuran	Batan-FNCA
23	2012	Survai Kualitas Pupuk Buatan yang dijual di Kios Resmi di Kabupaten Bogor, Sukabumi dan Cianjur	PT Petro Kimia Gresik
24	2012 – 2014	Pengujian Oligositosan dan Pupuk Organik Hayati untuk Tanaman Cabe	Batan-IPB
25	2013	Kajian Pupuk Organik yang diperkaya Biochar dan Mikrob Pelarut Fosfat untuk Peningkatan Efisiensi Pemupukan Tanaman Kakao dan Pengaruhnya terhadap sifat Kimia dan Biologi Tanah	IPB

26	2013 – 2016	Studi Sinergi Efek antara <i>Biofertilizer</i> dengan Oligositosan	IPB-Batan-FNCA
27	2013 – 2016	Isolasi dan Seleksi <i>Multifunctional</i> Mikroba Tanah	IPB-Batan-FNCA
28	2014 – 2015	Studi Morfologi, Anatomi dan Fisiologi Tanaman Padi dengan Budidaya SRI	IPB
29	2015 – 2016	Determining Arsenic Level in SRI Rice and Conventional Rice Cultivation	Cornell University USA
30	2014 – 2016	Efek Sinergi antara <i>Bio-Organic Fertilizer</i> dengan Oligositosan terhadap Pertumbuhan Cabe Keriting	IPB-Batan-FNCA
31	2016 –	Studi Penggunaan <i>Water Absorbant</i> terhadap Populasi Mikroba Tanah	IPB-Batan-FNCA
32	2016 –	Efek sinergi antara <i>Bio-Organic Fertilizer</i> dengan Oligositosan terhadap Pertumbuhan Lada di Pulau Bangka	IPB-Batan-FNCA

Editor/Reviewer Jurnal

No.	Cakupan	Jurnal	Tahun
1	Reviewer	Buletin Agronomi Faperta IPB	2005 –
2	Editor dan Penanggung Jawab	Jurnal Tanah dan Lingkungan	2006 –
3	Reviewer	Microbial Ecology	2009 – 10
4	Reviewer	Menara Perkebunan	2006 –
5	International Panel Member	Malaysian Journal of Soil Science	2009 –
6	Reviewer	BIOTROP	2009 – 11
7	Reveiwler	Media Peternakan	2011

Publikasi di Jurnal/Poster Ilmiah (Diurutkan berdasarkan tahun)

Nasional

1. Adnan AM, Sastroswignyo S, Soemawinata RAT, **A Iswandi**. 1993. Potensi beberapa isolat fungi penghuni tanah sebagai agen antagonis *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat. *Buletin HPT*. 6 (2): 76 – 83.
2. Widodo, Meity SS, **A Iswandi**, Machmud M. 1993. Penggunaan *Pseudomonas* spp. Kelompok fluoresen untuk pengendalian penyakit akar gada (*Plasmodiophora brassicae* Wor.) pada caisin (*Brassica campestris* L. Var. *Chinensis* (Rupr.) Olson. *Buletin HPT*. 6 (2): 94 – 105.
3. Widyastuti R, **A Iswandi**. 1993. Peningkatan kualitas kompos dengan *Pseudomonas* sp. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 2 (2): 27 – 29.
4. Premono ME, **A Iswandi**, Soepardi G, Hadioteomo RS, Saono S, Sisworo WH. 1994. Isolasi dan seleksi jasad renik pelarut fosfat (JRPP) dari perkebunan tebu. *Majalah Penelitian Gula*. 30 (3 – 4): 25 – 29.
5. Basuki, **A Iswandi**, Hadioetomo RS, Purwadaria T. 1995. Isolasi dan seleksi kapang termotoleran penghasil selulase untuk pengomposan tandan kosong kelapa sawit. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 3 (1).
6. Basuki, **A Iswandi**, Hadioetomo RS, Purwadaria T. 1995. Pengomposan tandan kosong kelapa sawit dengan pemberian nitrogen, fosfor, dan inokulum fungi selulolitik. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*. 13: 58 – 64.
7. Maningsih G, **A Iswandi**. 1996. Peranan *Aspergillus niger* dan bahan organik dalam transformasi P organik tanah. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk*. 14: 31 – 36.
8. Abubakar K, Hifnalisa, **A Iswandi**. 1997. Populasi mikroorganisme pada tanah yang dicemari oli bekas dan usaha perbaikannya. *Jurnal Agrista*. 1 (1).
9. Widyasunu P, Vlek PL, Moawad AM, **A Iswandi**. 1998. Ability of *Azolla* in reducing ammonia volatilization in waterfed rice field. *Jurnal Penelitian Pertanian AGRIN (Indonesia)*.
10. **Iswandi A**, Yulliawati T, Heinzemann J. 1999. Double inoculation of *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungus to improve the growth of yam bean. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 2 (2): 18 – 22.

11. **Iswandi A**, Hadi N, Santosa DA. 1999. Ability of bacteria isolated from black water ecosystem of Central Kalimantan in degrading of crude oil and diesel oil. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 2(2).
12. Saidi D, **A Iswandi**, Hadi N, Santosa DA. 1999. Kemampuan bakteri dari ekosistem air hitam Kalimantan Tengah dalam merombak minyak bumi dan solar. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 2 (2): 1 – 7.
13. Fikrinda, **A Iswandi**, Tresnawati P, Santosa DA. 2000. Isolation and selection of extremophilic cellulase producing bacteria isolated from black water ecosystem. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*. 5 (2).
14. **Iswandi A**. 2000. Kemampuan bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat dalam meningkatkan pertumbuhan padi (*Oryza sativa*) IR 64. *Communicaion Agriculture*. 6 (1): 18 – 24.
15. **Iswandi A**, Purwadaria T, Santosa DA. 2000. Isolasi dan seleksi bakteri penghasil selulase ekstremofil dari ekosistem air hitam. *Microbiology Indonesia*. 5(2).
16. Fikrinda, **A Iswandi**, Purwadaria T, Santosa DA. 2001. Identifikasi ekstremozim selulase isolat bakteri dari ekosistem air hitam. *Hayati*. 8 (1): 5 – 10.
17. **Iswandi A**. 2001. Fish waste as an alternative fertilizer. *Communicaion Agriculture*. 7 (1): 13 – 18.
18. Sagiman S, **A Iswandi**, Djajakirana G. 2002. Isolasi dan seleksi galur *Bradyrhizobium japonicum* asal tanah gambut. *Hayati*. 9 (1): 1 – 4.
19. **Iswandi A**, Widyastuti R, Hifnalisa. 2002. Bakteri penambat nitrogen dan mikroba pelarut fosfat dari gambut Kalimantan Tengah. *Jurnal Agrista*. 6 (3): 222 – 232.
20. **Iswandi A**, Arimurti S, Hifnalisa. 2003. Populasi mikroba total, aktivitas dan populasi kelompok fungsional mikroba tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan. *Jurnal Agrista*. (7) 2: 135 – 142.
21. **Iswandi A**, Utami D, Yuliawati T, Muluk T. 2003. Lobak (*Rhaphinus spinosum*) dan bayam (*Amaranthus spp*) sebagai pengganti tanaman cress (*Lepidium sativum*) dalam pengujian tingkat kematangan kompos. *Jurnal Penelitian Pertanian*. 22 (1): 34 – 40.
22. **Iswandi A**. 2003. Pengaruh *cocopith* dan limbah ikan cair terhadap pertumbuhan jagung manis (*Zea mays saccharata strut*), kangkung cabut (*Ipomea reptans poir*) dan Caisin (*Brassica rapa L.*). *Habitat*. 14 (1): 44 – 54.

23. Noeralam A, Arsyad S, **A Iswandi**. 2003. Teknik pengendalian aliran permukaan yang efektif pada usaha tani lahan kering berlereng. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 5 (1): 13 – 16.
24. Santosa DA, Handayani N, **A Iswandi**. 2003. Isolasi dan seleksi bakteri filosfer pemicu tumbuh dari daun padi (*Oryza sativa* L.) varietas IR-64. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 5 (1): 7 – 12.
25. **Iswandi A**, Tampubolon JLO. 2004. Media campuran tanah-pasir dan pupuk anorganik untuk memproduksi inokulan fungi mikoriza arbuskula (CMA). *Buletin Agronomi*. 32 (1): 26 – 31.
26. Ningsih RD, **A Iswandi**. 2004. Tanggap tanaman kedelai terhadap inokulasi *Rhizobium* dan asam indol asetat (IAA) pada Ultisol Darmaga. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 32 (2).
27. Razie F, **A Iswandi**. 2005. Potensi *Azotobacter spp.* (dari lahan pasang surut Kalimantan Selatan) dalam menghasilkan indole acetic acid (IAA). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 7 (1): 35 – 39.
28. Suprihati, **Iswandi A**, Sabiham S, Djajakirana G. 2006. Fluks metana dan karakteristik tanah pada beberapa macam sistem budidaya. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 34 (3).
29. Ester LN, Hazra F, **A Iswandi**. 2008. Uji efektivitas *bio-organic fertilizer* (pupuk organik hayati) dalam mensubstitusi kebutuhan pupuk anorganik pada tanaman *Sweet Sorghum* (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 72 – 76.
30. **Iswandi A**, Megasari NK, Suprihati, Hiroyuki O. 2008. Indonesia farmers can contribute in reducing greenhouse gases emission from wetland rice field. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 54 – 59.
31. Razie F, **A Iswandi**. 2008. Effect Of *Azotobacter* and *Azospirillum* on growth and yield of rice grown on tidal swamp rice field in South Kalimantan. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 41 – 45.
32. Bakrie MM, **A Iswandi**, Sugiyanta, Idris K. 2010. Aplikasi pupuk anorganik dan organik hayati pada budidaya padi SRI (*System of Rice Intensification*). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12 (2): 25 – 32.

33. Charlena, Mas 'ud ZA, **A Iswandi**, Setiadi Y, Yani M. 2010. Produksi gas karbon dioksida selama proses bioremediasi limbah *heavy oil* dengan teknik *landfarming*. *Chemistry Progress: 3* (1): 1 – 5.
34. Charlena, **A Iswandi**, Mas 'ud ZA, Syahreja A, Wanodyanti ND. 2010. Profil kelarutan limbah minyak berat akibat penambahan bahan pencampur. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12 (1): 31 – 35.
35. Elfiati D, **A Iswandi**, Gunarto L. 2010. Perbaikan pertumbuhan bibit sengan pada tanah mineral masam dengan inokulan rhizobium. *Microbiology Indonesia*. 11 (1).
36. Gunawan R, **A Iswandi**, Hazra F. 2010. Produksi masal inokulum *Azotobacter*, *Azospirillum* dan bakteri pelarut fosfat dengan menggunakan media alternatif. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12 (1): 25 – 31.
37. Hafif B, S Sabiham, **A Iswandi**, Suyamto. 2010. Khelatisasi ion aluminium oleh asam organik eksudat akar brachiaria. *Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 15 (3): 316 - 324.
38. **Iswandi A**, Mufriah D. 2010. Kemampuan rizobia bangkuang dari berbagai daerah di Indonesia dalam menambat nitrogen dan meningkatkan pertumbuhan bangkuang. *Microbiology Indonesia*. 9 (1).
39. Putri SM, **A Iswandi**, Hazra F, Citraresmini A. 2010. Viabilitas inokulan dalam bahan pembawa gambut, kompos, arang batok dan zeolit yang disteril dengan iradiasi sinar gamma Co-60 dan mesin berkas elektron. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 12 (1): 9 – 16.
40. Widi A, Ilyas S, Budi SW, **A Iswandi**, Suwarno FC. 2010. Inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pemupukan P dalam meningkatkan hasil dan mutu benih cabai (*Capsicum annum* L.). *J. Agron. Indonesia*. 38: 218 – 224.
41. **Iswandi A**, Barison J, Kassam A, Mishra A, Rupela OP, Thakur AK, Thiyagarajan TM, Uphoff N. 2011. The *system of rice intensification* (SRI) as a beneficial human intervention into root and soil interaction. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 13 (2): 72 – 88.
42. Razie F, **A Iswandi**, Sutandi A, Gunarto L, Sugiyanta. 2011. Aktivitas enzim selulase mikroba yang diisolasi dari jerami padi di persawahan pasang surut di Kalimantan Selatan. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 13 (2): 43 – 48.

43. **Iswandi A**, Hazra F, Baki YP, Windi, Hariyana H, Aprilian GS. 2012. Studi kualitas pupuk fosfor (P) dan kalium (K) yang dijual di kios penyalur resmi pupuk di Kabupaten Bogor, Cianjur, dan Sukabumi. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 14 (2): 66 – 72.
44. Dewi T, **A Iswandi**, Suwarno, Nusyamsi D. 2012. Evaluasi kualitas pupuk organik yang beredar di pulau Jawa berdasarkan Permentan No. 70/SR.140/10 tahun 2011. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 14 (2): 79 – 83.
45. Gitosuwondo S, Santosa E, **A Iswandi**. 2012. Soil biology contribution on agricultural land suitability evaluation of wet tropical megabiodiversity regions. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 4 (2).
46. **Iswandi A**, Djajakirana G, Abdurachman A, Hardjowigeno S. 2012. Use of earthworm to increase upland ultisols productivity. *Jurnal Tanah dan Iklim*. (20).
47. Indriyati LT, **A Iswandi**. 2013. Jerapan nitrogen-urine oleh zeolit dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 15 (2): 84 – 90.
48. **Iswandi A**, A Sutandi, Sugiyanta, L Gunarto. 2013. Efisiensi serapan hara dan hasil padi pada budidaya SRI di persawahan pasang surut dengan menggunakan kompos Diperkaya. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 41 (2).
49. **Iswandi A**, Hazra F, Velicia DR. 2013. Potensi oligochitosan, vitazyme dan biofertilizer dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi padi (*Oriza sativa* L.). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 15 (1): 5 – 11.
50. Sabiham S, **A Iswandi**. 2013. Perubahan fraksi P-Inorganik dan P-Organik pada bahan tanah gambut yang diaplikasi dengan fosfat alam pada kondisi kapasitas lapang dan tergenang. *Jurnal Agro Teknologi Tropika*. 1 (1): 27 – 36.
51. Suhastyo AA, **A Iswandi**, Santosa DA, Lestari Y. 2013. Studi mikrobiologi dan sifat kimia Mikroorganisme Lokal (MOL) yang digunakan pada budidaya padi metode SRI (*System of Rice Intensification*). *SAINTEKS*. 10 (2).
52. Puspitawati MD, **A Iswandi**. 2014. Pemanfaatan mikrob pelarut fosfat untuk mengurangi dosis pupuk P anorganik pada padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 41 (3): 188 – 195.

53. Razie F, **A Iswandi**, Sutandi A, Gunarto L. 2014. Efisiensi serapan hara dan hasil padi pada budidaya SRI di persawahan pasang surut dengan menggunakan kompos diperkaya. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 41 (2).
54. Rupaedah B, **A Iswandi**, Santosa DA, Sumaryono W, Budi SW. 2014. Peranan rhizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular dalam meningkatkan efisiensi penyerapan hara sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 16 (2): 45 – 52.
55. Sodik HA, **A Iswandi**, Santosa DA, Sutandi A. 2014. Kombinasi pupuk organik hayati dan pupuk fosfat untuk peningkatan keragaan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 16 (1): 38 – 44.
56. Panjaitan A, **A Iswandi**, Widyastuti R, Widayati WE. 2015. Kemampuan bakteri diazotrof endofit untuk meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 17 (1): 1 – 7.

Internasional

57. **Iswandi A**, Bossier P, Vandenabeele J, Verstraete W. 1987. Effect of seed inoculation with the *Rhizopseudomonas* strain 7NSK2 on the root microbiota of maize (*Zea mays*) and barley (*Hordeum vulgare*). *Biology and Fertility of Soils*. 3 (3): 153 – 158.
58. **Iswandi A**, Bossier P, Vandenabeele J, Verstraete W. 1987. Relation between soil microbial activity and the effect of seed inoculation with the *Rhizopseudomonas* strain 7NSK2 on plant growth. *Biology and Fertility of Soils*. 3 (3): 147 – 151.
59. **Iswandi A**, Bossier P, Vandenabeele J, Verstraete W. 1987. Deterioration and reactivation of beneficial *Rhizopseudomonas* of barley (*Hordeum vulgare*). *Biology and Fertility of Soils*. 4 (3): 125 – 128.
60. **Iswandi A**, Bossier P, Vandenabeele J, Verstraete W. 1987. Influence of the inoculation density of the *Rhizopseudomonas* strain 7NSK2 on the growth and the composition of the root microbial community of maize (*Zea mays*) and barley (*Hordeum vulgare*). *Biology and Fertility of Soils*. 4 (3): 119 – 123.
61. Suratno W, Murdiyarso D, Suratmo FG, **A Iswandi**, Saeni MS, Rambe A. 1998. Nitrous oxide flux from irrigated rice fields in West Java. *Environmental Pollution*. 102 (1): 159 – 166.

62. **Iswandi A**, Santosa DA, Premono ME. 1999. Transformation of soil inorganic phosphorus by phosphate solubilizing bacteria. *Jurnal Agrista (Indonesia)*.
63. **Iswandi A**. 2000. Potential of yam bean (*Pachyrhizus* spp) as key crop in sustainable agriculture. *Creata*. p 1 – 11.
64. Muhammad H, Djajakirana G, **A Iswandi**. 1999. Effect of cow manure and oil on the population and activity of soil microorganism on garden soil, rubbish soil and grassland soil. *Jurnal Agroland (Indonesia)*.
65. **Iswandi A**, Heinzemann J. Effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) inoculation on growth of yam bean (*Pachyrhizus erosus*) and cassava (*Manihot esculentum*). *Jurnal Agrivita*. 23 2): 127 – 133.
66. Dechert G, Veldkamp E, **A Iswandi**. 2004. Is soil degradation unrelated to deforestation? Examining soil parameters of land use systems in upland Central Sulawesi, Indonesia. *Plant and Soil*. 265 (1): 197 – 209.
67. Shigehiro I, **A Iswandi**, Yasuhiro N, Seiichirou Y, Shigeto S, Haruo T, Daniel M. 2005. The variation of greenhouse gas emissions from soil of various land-use/cover types in Jambi Province, Indonesia. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*. 71: 17 – 32.
68. Shigehiro I, **A Iswandi**, Yasuhiro N, Seiichirou Y, Shigeto S, Haruo T, Daniel M. 2005. Spatial patterns of greenhouse gases emission in a tropical rainforest in indonesia. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*. 71: 55 – 62.
69. Yasuhiro N, Shigehiro I, Haruo T, **A Iswandi**, Daniel M. 2005. Microbial processes responsible for nitrous oxide production from acid soils in different patterns in Pasirmayang, Central Sumatra, Indonesia. *Nutrient Cycling in Agroecosystem*. 71: 33 – 42.
70. Ueda S, Chun-Sim UG, Ishizuka S, Tsuruta H, **A Iswandi**, Daniel M. 2005. Isotopic assessment of CO₂ production through soil organic matter decomposition in the tropics. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 71 (1): 109 – 116.
71. Karuniawan A, **A Iswandi**, Kale PR, Heinzemann J, Grüneberg WJ. 2006. *Vigna vexillata* (L.) A. Rich. cultivated as a root crop in Bali and Timor. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 53 (1): 213 – 217.
72. Kleian SM, Woltmann L, **A Iswandi**, Schulz W, Steingrebe A, Schaefer M. 2006. Impact of forest disturbance and land use change on soil and litter arthropod

- assemblages in tropical rainforest margins. *Springer Berlin Heidelberg*. 12: 147 – 163.
73. Jumadi O, Hala Y, **A Iswandi**, Ali A, Sakamoto K, Saigusa M, Yagi K, Inubushi K. Community structure of ammonia oxidizing bacteria and their potential to produce nitrous oxide and carbon dioxide in acid tea soils. *Geomicrobiology Journal*. 25: 381 – 389.
74. Jumadi O, Hala Y, **A Iswandi**, Ali A, Sakamoto K, Saigusa M, Yagi K, Inubushi K. 2008. Community structure of ammonia oxidizing bacteria and their potential to produce nitrous oxide and carbon dioxide in acid tea soils. *Geomicrobiology*. 25 (7-8): 381 – 389.
75. Straaten OV, Veldkamp E, Köhler M, **A Iswandi**. 2009. Drought effects on soil CO₂. *Biogeosciences Discussions*. 6(6).
76. Uphoff N, **A Iswandi**, Rupela OP, Thakur AK, Thiyagarajan TM. 2009. Learning about positive plant-microbial interaction from the *system of rice intensification* (SRI). *Aspects of Applied Biology*. 98.
77. Wendenmann L, Veldkamp E, Moser G, Holscher D, Kohler M, Clough Y, **A Iswandi**, Djajakirana G, Erasmi S, Hertel D, Leitner D, Leuschner C, Michalzik B, Propastin P, Tjoa A, Tschardt T, Straaten OV. 2009. Effects of an experimental drought on the functioning of a cacao agroforestry system, Sulawesi, Indonesia. *Global Change Biology*. 16 (5): 1515 – 1530.
78. Bianco C, Rotino GL, Campion B, **A Iswandi**, Defez R. 2010. How to improve legume production under severe environmental stresses. *Journal of Biotechnology*. 150: 119.
79. **Iswandi A**. 2010. Biofertilizer in Indonesia. *FNCA Biofertilizer Newsletter*. p 9 – 10.
80. Straaten OV, Veldkamp E, Köhler M, **A Iswandi**. 2010. Spatial and temporal effects of drought on soil CO₂ efflux in a cacao agroforestry system in Sulawesi, Indonesia. *Biogeosciences*. 7(4): 1223 – 1235.
81. **Iswandi A**, Rupela OP, Thiyagarajan TM, Uphoff N. 2011. A review of studies on SRI effects on beneficial organisms in rice soil rhizospheres. *Paddy and Water Environment*. 9 (1): 53 – 64.

82. Prongjunthuek K, Panichsakpatana S, Meunchang S, Tongra-ar P, **A Iswandi**, Ando S, Ohkama-Ohtsu N, and Yokoyama T. 2011. Characterization of nitrogen fixing bacteria isolated from Thailand, Indonesia and Japan in term of plant growth promotion effects and ARA production abilities (The annual Meeting of the Society in 2011). *土と微生物*. 65 (2): 162.
83. Citraresmini A, **A Iswandi**, Nurmayulis N. 2013. The use of 32 P method to evaluate the growth of lowland rice cultivated in a system of rice intensification (SRI). *Atom Indonesia*. 39(2): 88 – 94.
84. Hafif B, Sabiham S, **A Iswandi**, Sutandi AS, Suyamto S. 2013. Impact of *Brachiaria*, *Arbuscular mycorrhiza*, and potassium enriched rice straw compost on aluminium, potassium and stability of acid soil aggregates. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 13 (1): 27 – 34.
85. **Iswandi A**. 2015. Status and strategy of commercial application of biofertilizer in Indonesia. *FNCA Biofertilizer Newsletter*. p 4 – 5.
86. Rupaedah B, **A Iswandi**, Santosa DA, Sumaryono W, Budi SW. 2014. Screening and characterization of rhizobacteria for enhancing growth and chlorophyll content of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Journal of ISSAAS (International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences)*. 20 (2): 86 – 97.
87. Kotowska MM, Hertel D, **A Iswandi**. 2015. Transformation of lowland rainforest into oil palm plantations results in changes of leaf litter production and decomposition in Sumatra, Indonesia. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*. 6 (1): 546 – 556.
88. Uphoff N, V Fasoula, **A Iswandi**, A Kassam, AK Thakur. 2015. Improving the phenotypic expression of rice genotypes: Rethinking “intensification” for production systems and selection practices for rice breeding. *The Crop Journal*. 3: 174 – 189.

Publikasi di Prosiding

1. Lukiwati DR, Hardjosoewignjo S, Fakuara Y, **A Iswandi**, Sastradipradja D. 1993. Produksi hijauan leguminosa makana ternak dengan pemupukan batuan fosfat dan inokulasi MVA. *Konggres Nasional Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia, Surabaya*. p 1 – 8.

2. **Iswandi A**, Tamad. 1994. Pengaruh logam berat timbal (Pb) dan cadmium (Cd) terhadap aktivitas dan populasi mikroorganisme tanah. *Lokakarya Nasional Mikrobiologi Lingkungan, Bogor*. p 1 – 7.
3. **Iswandi A**. 1995. Mikroorganisme tanah dan gas rumah kaca (metan). *Seminar Nasional Mikrobiologi Kelautan dan Bioremediasi*. p 1 – 13.
4. **Iswandi A**, Santosa DA, Widyastuti R. 1995. Penggunaan ciri mikrobiologi dalam mengevaluasi degradasi tanah. *Kongres Nasional HITI*. p 608 – 614.
5. Lukiwati DR, Harsjosowignjo S, Fakuara Y, **Iswandi A**, Sastradipraja, Rambe A. Konsumsi dan pencernaan bahan kering serta produksi protein mikroba rumen dengan ransum mycorrizal pellet. *Seminar Nasional Mikrobiologi, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia*.
6. Widyastuti R, Santosa DA, **A Iswandi**. 1995. Interaksi antara *Azotobacter* penambat nitrogen dan *Pseudomonas* pelarut fosfat serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan jagung. *Kongres Nasional HITI, Serpong*. p 1 – 13.
7. Premono ME, **Iswandi A**, Soepardi G, Hadioetomo R. Improvement of uptake and growth of sugarcane by phosphate-solubilizing microorganism. *International Society of Sugarcane Technologist, Colombia*.
8. Hadiwiyono, Sinaga MS, Tjahjono B, **A Iswandi**. 1996. Evaluasi kemangkusan *Trichoderma*, *Gliocladium*, dan *Pseudomonas* kelompok fluoresen sebagai agen pengendali hayati *Ganoderma boninense* PAT. pada balok kayu kelapa sawit di rumah kaca. *Seminar Pengendalian Hayati Nasional*. p 1 – 12.
9. **Iswandi A**, Heinzemann J. 1996. Cooperation between CIM and IPB to improve academic capability. *Health, Education, Nutrition and Emergency Aid, Chiang Mai University, Thailand*.
10. **Iswandi A**, Jacob A, Manuwoto S, Sumampouw T. 1996. An integrated solid waste management at Indonesian wildlife park (TSI) Cisarua, Bogor, Indonesia. *Waste Management Conference, New Zeland*. p 287 – 294.
11. **Iswandi A**, Hifnalisa. 1996. Populasi mikroorganisme pelarut fosfat pada berbagai tipe penggunaan lahan di daerah Sekadau, Kalimantan Barat. *Seminar nasional Lingkungan, Bogor*. p 1 – 8.
12. Lukiwati DR, Hardjosoewignjo S, Fakuara Y, **A Iswandi**, Wiradarya TR. 1996. Nutrient uptake improvement of centro and puero by rock phosphate fertilization

- and VAM inoculation in latosolic soil. *International Workshop BIO-REFOR, Bangkok*. p 152 – 155.
13. Lukiwati DR, Hardjosoewignjo S, Fakuara Y, Sastradipraja D, **A Iswandi**, TR Wiradarya, Rambe A. 1996. Konsumsi dan pencernaan bahan kering serta produksi protein mikroba rumen dengan ransum mycorrhizal pellet. *Seminar Nasional Mikrobiologi, Batu Malang*. p 1 – 8.
 14. Premono ME, **A Iswandi**, Soepardi, RS Hadioetomo. 1996. Improvement of P uptake and growth of sugarcane by phosphate-solubilizing microorganism. *Congress International Society of Sugarcane Technologists*. p 50 – 54.
 15. Premono ME, **A Iswandi**, Soepardi, Hadioetomo RS, Saono S, Sisworo WH. 1996. Peranan jasad renik pelarut fosfat dalam meningkatkan keefisienan pupuk P dan pertumbuhan tebu. *Risalah Pertemuan Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. p 177 – 184.
 16. Widyastuti R, Kesumadewi AAI, **A Iswandi**. 1996. Kepadatan *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. pada berbagai tipe penggunaan lahan di Daerah Sekadau, Kalimantan Barat. *Seminar Nasional Mikrobiologi Lingkungan, Bogor*.
 17. Dharmaputra OS, **A Iswandi**, Husaini M. 1997. Kemungkinan pemanfaatan trichoderma yang dikombinasikan dengan triadimefon untuk mengendalikan penyakit akar putih (*Rigidoporus microporus*) pada karet. *Kongres nasional Perhimpunan Ahli Mikrobiologi Indonesia, Denpasar*. p 1 – 22.
 18. **Iswandi A**, Simanungkalit RDM, Widyastuti R. 1997. Soil biodiversity in a range of landuse systems. *International Workshop on Biological Management of Soil Fertility on Acid Upland Soil*. p 1 – 2.
 19. Kesumadewi AAI, Padmini OS, **A Iswandi**. 1997. Perubahan beberapa sifat biologi dan kimia tanah Andisol, Inceptisol, dan Vertisol pada beberapa dosis radiasi sinar γ . *Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi*. p 87 – 93.
 20. Lukiwati DR, Hardjosoewignjo S, Fakuara Y, **A Iswandi**. 1997. Effect of *arbuscular mycorrhizae fungi* (AMF) and rick phosphate on the mineral content improvement of some tropical legumes. *Indonesian Biotechnology Conference*. p 1 – 8.

21. Winoto, Bintoro MH, **A Iswandi**. 1997. Pemanfaatan limbah sagu (*Metroxylon sagu* Rottb.) sebagai media tanam pada pembibitan tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen). *Seminar Nasional Persada*.
22. **Iswandi A**, Widyastuti R, Kesumadewi AAI, Djajakirana G. 1998. Mikrob penambat nitrogen dan pelarut fosfat dari rizosfer padi dan tanah rawa kawasan satu juta hektar Kalimantan Tengah. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Permi, Lampung*. p 582 – 591.
23. Ekayastuti W, Setiadi Y, **A Iswandi**, Lestari Y, Alkatiri Y. 1998. Pengaruh perbaikan kualitas media tailing terhadap pertumbuhan semai *Acacia mangium* Wild. dan *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen yang diinokulasi *Rhizobium* dan Mikoriza. *Pertemuan Ilmiah Tahunan Permi, Lampung*. p 656 – 666.
24. **Iswandi A**. 2000. Potential of yam bean (*Pachyrizus spp*) as key crop in sustainable agriculture. *International Congress and Symposium on Southeast Asian Agricultural Sciences*. p 383 – 388.
25. **Iswandi A**. 2000. Faktor pertimbangan dalam penggunaan kompos sampah kota untuk pertanian di Indonesia. *Koordinasi Pengembangan dan Penerapan Bahan organik pad Usaha Padi dan Jagung*. p 1 – 13.
26. **Iswandi A**. 2000. Potensi kompos sampah kota untuk pertanian di Indonesia. *Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Sampah Organik, Malang*.
27. **Iswandi A**. 2000. Persyaratan produk organik menurut EEC No. 2092/91. *Seminar dan Lokakarya Pengelolaan Sampah Organik, Malang*.
28. Kesumadewi AAI, **A Iswandi**, Santosa DA, Sisworo EL. 2000. Contribution level of nitrogen by soil, fertilizers and *Pseudomonas putida* like on sorghum planted in Inceptisol soil, South Sumatra (Indonesia). *Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Teknologi Isotop dan Radiasi, Jakarta*.
29. Shigehiro I, Yasuhiro N, **A Iswandi**, Haruo T, Daniel M. 2002. Greenhouse gas emissions and their control at four land-use types on Sumatra Island, Indonesia. *World congress of soil science, Bangkok, Thailand*.
30. Widjajanti H, **A Iswandi**, Gofar N, Ridho MR. 2011. Biodegradation of petroleum hydrocarbon by single and consortium of hydrocarbonoclastic bacteria from petroleum polluted mangrove areas. *International Seminar on Exploring Research Potentials, Palembang*.

Buku

Iswandi A. 1987. *Biologi Tanah dalam Praktek*. Bogor (ID): IPB Press

Iswandi A. 1988. *Cacing Tanah*. Bogor (ID): IPB Press

Sudjaiz M, Pambudy R, **A Iswandi**. 2012. *Pupuk*. Jakarta (ID): Dewan Pupuk Indonesia

Widyastuti R, **A Iswandi**. 2013. *Penuntun Praktikum Biologi Tanah*. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat

No.	Tahun	Judul/Tema	Penyelenggara
1	1990 – 96	Pengolahan berbagai limbah untuk pupuk organik	Faperta IPB
			Seminar
2	1991	Peran jasad mikro pelarut P terhadap tanaman jagung di tanah Ultisol Rangkasbitung	Latihan/Magang Penelitian Pertanian dan Bioteknologi Pertanian, Sukamandi
3	1991	Penangan Limbah Organik Secara Terpadu di Taman Safari Indonesia	Taman Safari Indonesia
		Analisis Dampak Lingkungan	
4	1993	Pembangunan Padang Golf The Riverside Golf Club Kecamatan Gunung Putri, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat	PT. Gitamaya Interbuana Golf & Country
5	1993	Penyajian Evaluasi Lingkungan (PEL) Perkebunan Kopi dan Pabrik Pengolahan Kopi Biji di Kecamatan Sanggalangi - Tana Toraja Sulawesi Selatan	PT. Toarco Jaya
6	1993	Penyajian Informasi Lingkungan (PIL) Perkebunan Kopi Arabica Di Kecamatan Rinding Allo Tana Toraja, Sulawesi Selatan	PT. Aroma Kopi Toraja

7	1994	Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) Hak Pengusahaan Hutan Di Kabupaten Berau, Propinsi Kalimantan Timur	PT. Daisy Timber
8	1994	Rencana Pemantauan Lingkungan (RPL) Hak Pengusahaan Hutan di Kabupaten Berau, Propinsi Kalimantan Timur	PT. Daisy Timber
9	1994	Analisis Dampak Lingkungan Pelabuhan Laut CPO Kabil Pulau Batam	Otorita Pengembangan Daerah Industri
10	1994	Analisis Dampak Lingkungan Pengembangan Pelabuhan Sekupang Pulau Batam	Otorita Pengembangan Daerah Industri
11	1995	Rencana Pengelolaan Lingkungan (RKL) Perkebunan Kopi dan Pabrik Pengolahan Kopi Biji di Kecamatan Sanggalangi - Tana Toraja Sulawesi Selatan	PT. Toarco Jaya
12	1998	Pupuk Organik dari Sampah Kota	Departemen Tenaga Kerja Jawa Barat
13	2000	Studi Analisa Dampak Program IP3 Padi terhadap Kelestarian Daya Dukung (<i>Carrying Capacity</i>) Usahatani	Departemen Pertanian
14	2004	Studi Kelayakan Pembuatan Pupuk Organik dari Limbah Industri Kelapa Sawit di Pabrik Minyak Sawit Semuntai, Kecamatan Long Ikis, Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur	PT. Surya Faster Growing
15	2005	Ringkasan Eksekutif Pabrik Pupuk Majemuk dari Bahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit	CV. Agro Jaya Metanotama
16	2007	Survey Tanah dan Evaluasi Kesesuaian Lahan Areal Pencadangan Perkebunan PT. Kresna Agrokencana Sakti di Dusun Selatan, Kabupaten Barito Selatan,	Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, IPB

Kalimantan Tengah			
17	2007 – 10	Pemasyarakatan pupuk organik dan pupuk hayati	PTPN VIII
18	2008 – 09	Percontohan budidaya padi secara SRI	Nagrak Sukabumi (NOSC)
19	2008	Pengenalan budidaya padi secara SRI kepada masyarakat	Nagrak Sukabumi (NOSC)
20	2009	Peningkatan Produksi Padi Nasional dan Pengurangan Emisi Gas Metan dari Padi Sawah Melalui Penerapan Teknologi <i>System of Rice Intensification (SRI)</i>	LPPM IPB RISTEK
21	2009-	Pengenalan pupuk organik hayati ke berbagai petani dan perkebunan swasta dan HTI	PT Sitosu Agro Cemerlang
22	2016	Pengembangan Budidaya Jeruk Kabupaten 50 Kota, Payakumbuh	Kerjasama LPPM IPB dengan Kabupaten 50 Kota, Payakumbuh
23	2016	Perkebunan Singkong yang diintegrasikan dengan Peternakan Sapi di Kabupaten Jayapura	Kerjasama antara Masyarakat Singkong Indonesia dengan Pemerintah Kabupaten Jayapura, Papua

Partisipasi dalam Lokakarya, Workshop, Seminar, Konferensi

No.	Tahun	Judul/Tema	Penyelenggara
1	1995	Penggunaan ciri mikrobiologi dalam mengevaluasi degradasi tanah.	Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI)
2	1996	Interaksi antara <i>Azotobacter</i> Penambat Nitrogen dan <i>Pseudomonas</i> Pelarut Fosfat Serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Jagung.	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia

3	1997	Soil Biodiversity in A Range of Landuse Systems	Universitas Brawijaya
4	1997	Effect of Arbuscular Mycorrhizae Fungi (AMF) and Rick Phosphate on The Mineral Content Improvement of Some Tropical Legumes	Indonesian Biotechnology Conference
5	2000	Potensi kompos sampah kota untuk pertanian di Indonesia	Masyarakat Pertanian Organik Indonesia, Universitas Brawijaya
6	2000	Persyaratan produk organik menurut EEC No. 2092/91	Masyarakat Pertanian Organik Indonesia, Universitas Brawijaya
7	2000	Municipal solid waste compost for agriculture in Indonesia	Masyarakat Pertanian Organik Indonesia, Universitas Brawijaya
8	2000	Faktor pertimbangan dalam penggunaan kompos sampah kota untuk pertanian di Indonesia	Direktorat Tanaman Serealia, Ditjen Produksi Tanaman Pangan, Deptanhut
9	2000	Cooperation between CIM and IPB to improve academic capability	Chiang May University, Thailand
10	2000	Potential of Yam Bean (<i>Pachyrizus spp</i>) as Key Crop in Sustainable Agriculture	International Society for Southeast Asian Agriculture Sciences (ISSAAS)
11	2004	Experiences in Setting-Up Collaborative Research with Foreign Partners	International Research Network
12	2006	Methane and nitrous oxide emission from rice field in Bogor, Indonesia and related microbial aspects	NIAES, Tsukuba, Japan
13	2006	Effect of global warming on crops production in Indonesia.	International Symposium on Global Warming, Mito Campus, Ibaraki University,

			Japan
14	2006	Greenhouse gases emission studies in Indonesia	NIAES International symposium and Workshop on Monsoon Asia Agricultural Greenhouse Gas Emission Studies; Tsukuba, Japan
15	2007	Climate change and rice production in Indonesia.	Ibaraki University, ICAS, Ami Campus
16	2007	Ecological services in Asia monsoon agriculture.	Workshop on Ecological Service Functions for Sustainable Agriculture in Asia. Academic exchange between IPB, Unud, UGM and Ibaraki University, Ami campus
17	2007	Significant progress in microbiology in Indonesia.	Symposium in Matsuyama, University of Ehime, Japan
18	2007	Experiences in microbiological collaborative studies in Asian countries	Symposium in Matsuyama, University of Ehime, Japan
19	2007	Can (Indonesian) farmers contribute significantly to reduce GHG emission?	Sustainability Forum, ICAS, Ibaraki university, Mito Campus, Ibaraki University, ICAS, Mito Campus
20	2008	One day seminar on the system of rice intensification (SRI)	Fakultas Pertanian, IPB
21	2008	Target plants of multifunctional biofertilizer	Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), Kuala Lumpur
22	2009	Physiology, Anatomy, and Morphology of Rice Under System of Rice Intensification	Paddy and Water Environmental Engineering (PAWEES)

23	2009	Annual Meeting Biofertilizer	Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), Bangkok
24	2011	Soil Health and Soil Biodiversity	Seminar Soil Health and Soil Biodiversity, Yokohama Nat. University Japan-Unila-GMP
25	2011	Saran perbaikan Permentan No. 70 Tahun 2011	Asosiasi Produsen Pupuk Organik Hayati Indonesia (APPOHI)
26	2011	Pupuk organik dan Pupuk Hayati	Kementrian BUMN Jakarta
27	2011	Potensi Pupuk Organik Hayati dalam mengurangi pemakaian pupuk kimia dan biaya pemupukan	PT Astra Agro Lestari Jakarta
28	2011	Pemalsuan pupuk di tanah air dan dampaknya terhadap program pemerintah	Dewan Pupuk Indonesia, Jakarta
29	2011	Kesehatan Tanah di Indonesia	BPPT Teknologi
30	2011	System of Rice Intensification (SRI)	Unlam, Banjarbaru, Kalsel
30	2011	Progress of System of Rice Intensification in Indonesia	University of Kebangsaan Malaysia and FELCRA Malaysia
31	2011	Annual Meeting Biofertilizer	Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), Mongolia
32	2012	Workshop on Sustainable Agriculture organized by Tokyo University, Japan	Colaboration between Japan, Philipina, Indonesia, Meksiko, Nigeria
33	2012	Annual Meeting Biofertilizer	Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), China
34	2013	Physiological and Morphological	IPB

		Changes in Rice Plants under System of Rice Intensification (SRI) Management and Its Effects on Increasing Yield	
35	2013	Root Morphology and Anatomy of Rice Plants Cultivated under System of Rice Intensification (SRI).	IPB
36	2013	Workshop System of Rice Intesification (SRI)	Universitas Utara Malaysia
37	2014	Rice Ratooning with High Yield is Possible	IPB
38	2015	Penggunaan Pupuk Organik Untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Produksi Padi dengan Metode <i>System of Rice Intensification</i> (SRI) pada Tanah Salin	HITI
39	2015	Annual Meeting Biofertilizer	Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA), Kuala Lumpur