



DEPTAN

ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG BUDIDAYA TANAMAN



LIPI

MENAKAR KEBUTUHAN HARA TANAMAN DALAM PENGEMBANGAN INOVASI BUDIDAYA SAYURAN BERKELANJUTAN

Ir. Suwandi, MS



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
Bogor, 2009



DEPTAN

Orasi Pengukuhan Profesor Riset
Bidang Budidaya Tanaman



LIPI

MENAKAR KEBUTUHAN HARA TANAMAN DALAM PENGEMBANGAN INOVASI BUDIDAYA SAYURAN BERKELANJUTAN

Oleh:
Ir. Suwandi, MS



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
2009

© Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
2009

ISBN 978-602-8218-07-8
Katalog dalam Terbitan (KDT)

Menakar Kebutuhan Hara Tanaman Dalam Pengembangan
Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan/Suwandi
ii+53 hlm; 14,5 x 20,2 cm
ISBN 978-602-8218-07-8
1. Hara 2. Budidaya 3. Sayuran

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jln. Ragunan 29 Pasarminggu, Jakarta Selatan
Telp. : 021-7806202
Faks. : 021-7800644
E-mail : kabadan@litbang.deptan.go.id

PRAKATA PENGUKUHAN

Assalamualaikum warrakhmatullah hi wabarakatuh

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang saya hormati

Pertama-tama saya memanjatkan puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas rahmat dan karunia-Nya, kita pada hari ini dapat mengikuti acara pengukuhan Profesor Riset Badan Litbang Departemen Pertanian.

Pada kesempatan ini, ijinilah saya menyampaikan orasi ilmiah di bidang budidaya tanaman dengan judul:

MENAKAR KEBUTUHAN HARA TANAMAN DALAM PENGEMBANGAN INOVASI BUDIDAYA SAYURAN BERKELANJUTAN

Pembahasan orasi ini difokuskan pada pengelolaan tanaman dan unsur hara untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas sayuran di dataran tinggi dan dataran rendah. Dalam pemaparannya, orasi ilmiah ini terdiri atas delapan bab:

- I. Pendahuluan
- II. Dinamika Unsur Hara Tanaman dalam Tanah
- III. Menakar Kebutuhan Hara Tanaman
- IV. Teknologi Budidaya Sayuran Berbasis Kebutuhan Tanaman Berkelanjutan
- V. Indikator Keberlanjutan dalam Sistem Produksi Sayuran
- VI. Strategi Pengembangan Sistem Produksi Sayuran Berkelanjutan
- VII. Kesimpulan dan Implikasi Kebijakan
- VIII. Penutup.

I. PENDAHULUAN

Majelis Pengukuhari Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati

Sayuran merupakan komoditas penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Komoditas ini memiliki keragaman yang luas dan berperan sebagai sumber karbohidrat, protein nabati, vitamin dan mineral yang bernilai ekonomi tinggi. Produksi sayuran di Indonesia meningkat setiap tahun (BPS, 2007) dan konsumsinya tercatat 44 kg/kapita/tahun (FAO, 2000).

Laju pertumbuhan produksi sayuran di Indonesia berkisar antara 7,7-24,2 persen per tahun. Peningkatan produksi lebih banyak terkait dengan peningkatan luas areal tanam. Beberapa jenis sayuran, seperti bawang merah, petsai dan mentimum, peningkatan produksinya merupakan dampak dari penerapan teknologi budidaya (Adiyoga, 1999).

Penerapan teknologi budidaya sayuran introduksi atau sayuran dataran tinggi, seperti kentang, kubis, dan tomat sejak tahun 1980an berkembang cepat dan tingkat adopsi tertinggi terjadi pada akhir tahun 1990an. Sebaliknya, perkembangan teknologi budidaya sayuran tropis dataran rendah relatif tertinggal, meskipun jenis sayuran seperti mentimum dan kacang panjang merupakan sayuran *indigenous* yang beradaptasi luas dan banyak dikonsumsi masyarakat (Iteu Hidayat, 2005).

Budidaya tanaman adalah manajemen dalam memadukan teknologi dan kemampuan (*skill*) petani dalam memanfaatkan sumberdaya (*resources*), termasuk unsur hara yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan menghasilkan produk dengan efisien dan menguntungkan (Sanchez, 1976; Douglas, *et al.* 2000).

Dalam dua dasawarsa terakhir, aplikasi teknologi penggunaan pupuk kimia dan pestisida berkembang pesat dalam budidaya sayuran dataran tinggi. Penggunaan input agrokimia secara tidak terkendali menjadi penyebab turunnya produktivitas, kualitas sumberdaya dan pencemaran lingkungan (Kruseman, *et al.*, 1993; Stringer, 1988). Atas dasar itu, pengembangan inovasi budidaya sayuran ke depan perlu memperhatikan penggunaan input sesuai kebutuhan tanaman atau “*Feed what the crops need*” tanpa menimbulkan dampak negatif bagi sumberdaya dan lingkungannya (Pathak, 2002; IRRI, 2005).

Isu pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) muncul setelah adanya kekeliruan di era revolusi hijau (Sachs, 1987), dimana penggunaan bahan agrokimia cenderung berlebihan yang mencemari lingkungan dan menurunkan kualitas produk pertanian. Budidaya sayuran berkelanjutan mengaplikasikan teknologi yang bersifat efisien dan ramah lingkungan (Suwandi dan Asandhi, 1995; Reijntjes, *et al.*, 1999). Input yang digunakan lebih mengutamakan bahan organik atau bahan alami sebagai sumber pupuk atau pestisida (Van Keulen, 1995). Sistem pertanian berkelanjutan ini menjadi dasar kebijakan dalam pembangunan pertanian di setiap negara (Brown, 1989; Stringer, 1998).

II. DINAMIKA UNSUR HARA DALAM TANAH

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati.

Untuk dapat tumbuh dan berproduksi optimal, tanaman sayuran membutuhkan hara esensial selain radiasi surya, air, dan CO₂. Unsur hara esensial (N, P, K, Ca, Mg dan S) adalah nutrisi

yang berperan penting sebagai *feed* bagi tanaman. Ketersediaan masing-masing unsur tersebut di dalam tanah berbeda antar-tanaman.

2.1. Dinamika Unsur Hara dalam Tanah Sebelum dan Sesudah Pemupukan

Nitrogen adalah unsur hara yang paling dinamis di alam. Ketersediaannya di tanah dipengaruhi oleh keseimbangan antara input dan output dalam sistem tanah. Unsur N mudah hilang dari tanah melalui volatilisasi atau perkolasi air tanah, mudah berubah bentuk, dan mudah pula diserap tanaman (Shellp, 1987; Mattason and Schjorring, 2002; Abdolzadeh, *et al.*, 2008).

Tanaman menyerap unsur N dalam bentuk ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Keberadaan NH_4^+ sangat dinamis karena mudah berubah bentuk menjadi nitrat nitrogen (NO_3^-) akibat proses nitrifikasi oleh organisme tanah (Mattason and Schjorring, 2002; Setyorini dan Ladiyani, 2008). Tanaman yang kekurangan N mengakibatkan pertumbuhan terhambat dan kerdil, daun kuning, dapat mempengaruhi penyerapan P dan K oleh tanaman, dan pembentukan protein (Shellp, 1987; Delvian, 2006).

Posfor (P) adalah unsur hara yang tidak mudah bergerak (*immobile*) dalam tanah. Hara P di tanah tersedia dalam jumlah cukup bagi tanaman, tetapi karena sifatnya dinamis, bergantung pada reaksi tanah, sebagian terikat atau terfiksasi oleh oksida dan mineral liat membentuk Al, Fe dan Ca-P atau oleh bahan organik (Tisdale, *et al.*, 1985; Wien, 1997). Kekurangan P mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat akibat terganggunya perkembangan sel dan akar tanaman, metabolisme karbohidrat, dan transfer energinya (Marshner, 1986; Delvian, 2006).

Kalium (K) sebagai unsur hara esensial agak mobil seperti N. Cadangan K dalam tanah cukup banyak. Pada jerami padi kandungan K mencapai 80 persen (Tandon and Kimmo, 1993; Makarim, 2008). Meski hanya sebagian kecil K tersedia dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Hara K mudah bergerak, terlindih, dan terikat oleh permukaan koloid tanah. Kekurangan K mempengaruhi sistem perakaran, tunas, pembentukan pati, dan translokasi gula (Wien, 1997; Barker and Pilbean, 2006).

Hara Ca dan Mg merupakan unsur makro sekunder yang sering terlupakan pengelolaannya dalam usahatani. Unsur tersebut tersedia di tanah dan berkurang akibat intensifnya pengelolaan lahan untuk produksi tanaman (Suwandi, 1982; 1984). Kekurangan Mg pada tanaman mengganggu unsur penyusun klorofil daun, yang ditandai oleh warna kuning di antara tulang-tulang daun yang menua (Tandon and Kimmo, 1993; Tisdale, *et al.*, 1985; Wien, 1997)). Gejala tanaman yang kekurangan Ca ditandai oleh terhambatnya pertumbuhan pucuk (titik tumbuh), kemudian pertumbuhan tanaman kerdil dan mati (Marshner, 1986; Baker and Pilbean, 2006).

2.2. Ketersediaan dan Efisiensi Penyerapan Unsur Hara oleh Tanaman

Tingkat ketersediaan unsur hara bagi tanaman bergantung pada banyak faktor, antara lain status hara dalam tanah dengan keragaman jenis dan sifatnya, ketersediaan air (irigasi), jenis tanaman yang diusahakan, dan pola pemupukan sebelumnya (Sanchez, 1976; Tisdale, *et al.*, 1985). Alat diagnosis (*kits*) untuk mengidentifikasi gejala kekurangan hara bagi tanaman sangat membantu dalam menetapkan kebutuhan unsur hara bagi tanaman tersebut (Balitanah, 2005).

Kekurangan unsur hara pada tanaman sering termanifestasikan pada daun (Marshner, 1986; Delvian, 2006). Upaya untuk mengatasi kekurangan unsur hara adalah pemupukan anorganik atau pupuk organik sesuai kebutuhan tanaman. Masalah umum dalam pemupukan adalah rendahnya efisiensi serapan unsur hara oleh tanaman. Efisiensi pemupukan N dan K tergolong rendah, berkisar antara 30-40% (Setyorini dan Ladiyani, 2008). Efisiensi pemupukan P oleh tanaman juga rendah, berkisar 15-20% (Suwandi, 1988; Hilman dan Suwandi, 1990).

Teknologi pemupukan N, P dan K spesifik lokasi untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan mutu hasil sayuran dataran tinggi (tomat dan kentang) diungkapkan oleh Hilman dkk. (1992); Hilman dan Suwandi, (1987a; 1987b dan 1989b); serta Rosliani dkk. (1998). Sedangkan teknologi pemupukan bawang merah dan cabai di dataran rendah dilaporkan oleh Suwandi dan Hilman (1992a; 1992b).

Penerapan teknologi penggunaan pupuk yang tepat, baik jenis, takaran, maupun aplikasi, dapat meningkatkan efisiensi pemupukan N, P, dan K hingga 40-50%. Untuk budidaya sayuran dataran tinggi, takaran pupuk N berkisar antara 100-200 kg/ha; P_2O_5 berkisar 90-180 kg/ha, dan K_2O berkisar 60-150 kg/ha (Suwandi, 1993; 1998; Hilman, dkk., 1997).

Dalam permupukan N, tanaman sayuran umumnya menghendaki kombinasi Urea dan ZA secara proporsional, sesuai jenis sayuran yang diusahakan (Hilman dan Suwandi, 1987a; 1987b). Penggunaan pupuk P dapat ditingkatkan efisiensinya melalui cara dan waktu aplikasi yang tepat. Demikian pula pupuk K, efisiensinya meningkat apabila penggunaannya dikombinasikan dengan Urea dan ZA secara berimbang (Suwandi dan Hilman, 1992a; 1992b).

Upaya lain untuk meningkatkan efisiensi pemupukan tanaman sayuran pada beberapa jenis tanah seperti Aluvial, Andosol, dan Latosol adalah penggunaan pupuk organik atau pupuk kandang. Cara ini dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk NPK pada bawang merah hingga 50 persen di tanah Aluvial (Suwandi dan Hilman, 1992a; Hilman dkk., 1996).

III. MENAKAR KEBUTUHAN HARA TANAMAN

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati.

3.1. Karakteristik Umum Fisiologis Tanaman Sayuran

Sayuran, terutama jenis introduksi, merupakan tanaman tipe C3 yang memiliki titik kompensasi cahaya yang rendah dengan faktor pembatas fotorespirasi yang tinggi (Anonymous, 2008). Kelompok tanaman C3 relatif kurang efisien dalam memanfaatkan radiasi surya, air, dan unsur hara dibandingkan dengan tanaman C4 dan CAM. Khusus tanaman kelompok C3/III yang sebagian besar terdiri atas jenis introduksi juga mempunyai titik kompensasi suhu udara yang rendah, sehingga cocok sebagai tanaman dataran tinggi (FAO, 1978)

Berdasarkan karakteristik fisiologis tanaman sayuran, pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang terkait dengan praktek budidaya, sistem usahatani sayuran dikelompokkan atas ekologiannya, yaitu sayuran dataran tinggi > 700 m dpl., dataran medium (350-700 m dpl), dan dataran rendah < 350 m dpl. (Nurmalinda dan Suwandi, 1995; Suwandi, 1996).

Pengelompokan tersebut terkait dengan kebutuhan optimum masing-masing jenis tanaman terhadap suhu. Jika suhu terlalu tinggi (panas), tanaman kubis-kubisan tidak mampu membentuk krop (*head*), stolon kentang tidak dapat membentuk umbi, dan tanaman tomat tidak menghasilkan buah, bahkan pertumbuhan beberapa jenis sayuran tidak normal atau kerdil yang kemudian mati (Suwandi, 1988; 1993).

Saat ini telah tersedia berbagai varietas sayuran dataran tinggi yang dapat dibudidayakan di dataran rendah, seperti tomat varietas Oval, buncis varietas Horti (1, 2, dan 3), kubis, dan petsai (Balitsa, 2006). Budidaya bawang putih di dataran rendah memerlukan naungan untuk mengurangi intensitas cahaya sebesar 30% untuk dapat berproduksi optimal (Suwandi dan Nurtika, 1993). Pergeseran wilayah penanaman sayuran ini juga berimplikasi pada dinamika pengelolaan hara tanaman.

Aspek fisiologis lain yang juga erat kaitannya dengan dinamika unsur hara, adalah sistem perakaran tanaman sayuran yang relatif dangkal (Wien, 1997). Efektivitas serapan haranya ditentukan oleh ketersediaan unsur hara di sekitar perakaran dan dukungan mobilitas dari jenis-jenis unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Tingkat mobilitas unsur hara di dalam tanah dipengaruhi pula oleh suhu tanah (Epstein, 1978; Tisdale, *et al.*, 1985), yang berkorelasi positif dengan ekologi budidaya sayuran dataran tinggi dan dataran rendah. Oleh karena itu, teknologi mulsa (penutup tanah) memegang peranan penting dalam budidaya tanaman sayuran (Suwandi, 1988; Sumarna dan Suwandi, 1990).

3.2. Kebutuhan Unsur Hara berdasarkan Umur Fisiologis Tanaman dan Indikator Kecukupan Haranya

Selain kesesuaian ekologi budidaya, tanaman sayuran berbeda menurut umur pertumbuhan dan panen. Beberapa jenis

sayuran daun seperti kangkung, bayam, dan sawi dapat dipanen pada umur 20-40 hari (Abidin, dkk. 1990). Jenis sayuran ketimun, kacang panjang, petsai, dan bawang merah dipanen sejak umur 50-60 hari (Nurtika, dkk., 1990). Sedangkan sayuran Kentang, tomat, kubis, kubis bunga, dan bawang putih di dataran tinggi umumnya dipanen sejak tanaman berumur lebih dari 80 hari. Di antara jenis sayuran berumur panjang, cabai dipanen sejak tanaman berumur lebih dari 100 hari setelah fase *seedlings* atau persemaian (Suwandi, 1984).

Atas dasar keragaman umur fisiologis tersebut maka akuntansi keharaan (Sudaryono, 2005) untuk tanaman sayuran juga dapat diukur berdasarkan jangka waktu pemanfaatan hara sampai tanaman dipanen. Konsumsi hara oleh tanaman juga berbeda, bergantung pada umur fisiologis dari jenis tanaman tersebut (Tisdale, *et al.*, 1985; Wien, 1997). Kajian kebutuhan hara untuk efisiensi penggunaan pupuk didekati melalui ketepatan jenis, takaran, cara, dan waktu aplikasi pupuk sesuai sifatnya (Sanchez, 1976).

Penelitian pemupukan pada sayuran umumnya lebih tertuju pada penetapan kebutuhan hara selama musim tanam atau total kebutuhan pupuk untuk setiap tanaman. Walaupun bervariasi, takaran pemupukan sayuran berumur > 2 bulan berkisar antara 100-200 kg N, 50-180 kg P₂O₅, dan 50-150 kg K₂O per hektar (Suwandi, 1988). Berdasarkan analisis dinamika unsur hara NPK dan umur fisiologis tanaman, maka aplikasi pupuk N untuk sayuran dimulai pada saat tanam hingga maksimum 2/3 umur tanaman. Pupuk P dan K diaplikasikan sebelum tanam atau sebagian ditambahkan sebelum fase vegetatif maksimum (Suwandi, 1988).

Untuk indikator kecukupan hara tanaman yang sehat di lapangan didiagnosis melalui pengamatan visual berdasarkan

minus hara tertentu atau *omission plot* (Marshner, 1986; Baker dan Pilbean, 2006). Secara praktis, penentuan kebutuhan hara N tanaman dapat menggunakan Bagan Warna Daun (BWD) yang dewasa ini telah digunakan oleh sebagian petani pada tanaman padi sawah (IRRI, 2007).

3.3. Menakar Kebutuhan Unsur Hara Sesuai Kebutuhan Tanaman Sayuran

Pada prinsipnya, *feed what the crops need* adalah pemberian unsur hara (*nutrients*) secara akurat sesuai kebutuhan tanaman dan status hara dalam tanah untuk mencapai tujuan peningkatan produktivitas, efisiensi, dan kelestarian lingkungan serta keberlanjutan usahatani (Pathak, 2002; IRRI, 2005). Prinsip ini hampir sama dengan konsep “pemupukan berimbang” yang sudah populer di kalangan petugas pertanian dan petani dalam arti yang sebenarnya, bukan pupuk berimbang yang seringkali disalah artikan sebagai “penggunaan pupuk majemuk” (Las dan Setyorini, 2008).

Pendekatan telah dikembangkan oleh pakar pemupukan dalam menentukan kebutuhan unsur hara atau pupuk sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penggunaan data analisis tanah umumnya lebih familiar dijadikan dasar dalam penetapan kebutuhan pupuk bagi suatu tanaman, seperti sistim pakar SIPAPUKDI dan SIPADI untuk tanaman padi (Makarim, 2007), atau penggunaan PUTS /Perangkat Uji Tanah Sawah (Balkitanah, 2005), atau dengan BWD (IRRI, 2007). Untuk tanaman pangan (*arable crops*) di Eropa menggunakan metode *Quept Systems* dalam menetapkan kebutuhan pupuknya (Sukkel, *et al.*, 1996), sedangkan untuk komoditas perkebunan dikembangkan sistim pakar berbasis data analisis tanaman (Walsh and Beaton, 1973).

Pendekatan pola pertanian perspektif atau sistem pakar dalam menakar kebutuhan hara tanaman sayuran ke depan diharapkan dapat menggunakan model harmoni, yaitu sistem pakar yang mampu menjadi *enabler* pencapaian tujuan keunggulan kompetitif usahatani. Inovasi ini menggabungkan basis data analisis tanah dan analisis tanaman, termasuk aspek pengelolaan tanaman spesifik (Suwandi, 2008). Data hasil analisis tanah menjadi dasar penetapan kemampuan tanah menyediakan hara yang dapat segera dimanfaatkan tanaman (Corey, 1973). Sementara data hasil analisis tanaman, baik periodik maupun serapan total hara tanaman (*total uptake*), dapat dijadikan alat penakar kebutuhan hara tanaman untuk satuan produksi di lapangan (Geraldson, *et al.* 1973).

Besarnya serapan total hara untuk satuan produksi yang diharapkan dikurangi jumlah hara tanah tersedia menjadi kebutuhan riil unsur hara yang dibutuhkan. Pendekatan tersebut selain meningkatkan efisiensi pemupukan, juga mampu menjaga kelestarian lingkungan bagi keberlanjutan usahatani (Walsh and Beaton, 1973; Sanchez, 1976).

Fakta lapangan menunjukkan bahwa pupuk organik merupakan kebutuhan pokok tanaman sayuran dataran tinggi. Untuk tanaman kentang, misalnya, pupuk organik yang diperlukan dapat mencapai lebih dari 40 ton kotoran kandang sapi atau kotoran kuda per hektar per musim (Suwandi dan Asandhi, 1995). Untuk tanaman bawang merah dan cabai di dataran rendah, pupuk organik jarang digunakan (Hidayat, dkk., 1990).

Penggunaan pupuk buatan dan pestisida kimia telah menjadi tumpuan bagi petani sayuran dalam meningkatkan produksi. Di tingkat petani, takaran pupuk buatan (Urea, ZA, TSP/SP36, KCl/ K_2SO_4 , atau NPK (15-15-15) pada sayuran dataran tinggi

berkisar antara 1,5-2,0 ton/ha, sementara untuk tanaman cabai dataran rendah dapat mencapai lebih dari 3 ton/ha per musim (Hidayat, dkk., 1990).

Pengelolaan hara tanaman selain masih terfokus pada NPK, perhatian terhadap suplai hara sekunder seperti Ca, Mg, dan S menjadi relevan dengan budidaya sayuran yang intensif (Suwandi, 1982). Gejala kekurangan hara Ca dan Mg pada beberapa jenis sayuran sudah mulai muncul pada tahun 1980-an. Bagi tanaman tomat, kentang, dan kacang-kacangan di sentra produksi sayuran dataran tinggi, kekurangan hara Ca dan Mg dapat menurunkan hasil (5-30)% (Suwandi, 1982). Pemberian hara Ca dan Mg dari sumber dolomit dengan takaran 1,5 ton/ha nyata meningkatkan hasil komoditas sayuran tersebut, sekaligus mengatasi masalah kekurangan hara Ca dan Mg pada tanah Andosol di dataran tinggi (Suwandi, 1982; 1988).

Upaya peningkatan produksi tanaman sayuran ke depan masih dan akan terus bertumpu pada penggunaan input luar, termasuk pupuk organik dan pupuk kimia, yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman, apalagi bagi varietas unggul yang responsif terhadap pupuk. Tingkat ketersediaan hara tanah bagi tanaman umumnya bervariasi, bergantung pada jenis tanah dan kesuburannya. Perbedaan kebutuhan hara tanaman ditentukan oleh perbedaan kemampuan tanaman atau varietas menyerap hara (*nutrients uptake*) dan perbedaan pengelolaan input produksi (Hilman dan Suwandi, 1989; 1992).

Atas dasar itu, maka sistem pakar harmoni yang menggunakan basis data analisis tanah dan analisis tanaman dalam menakar kebutuhan unsur hara bagi tanaman dan *experties judgement* dalam pengelolaannya menjadi relevan dikembangkan dalam usahatani sayuran berkelanjutan.

IV. TEKNOLOGI BUDIDAYA SAYURAN BERBASIS KEBUTUHAN TANAMAN BERKELANJUTAN

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati

Pertanian berkelanjutan didefinisikan sebagai kegiatan usaha pertanian yang mantap secara ekologis, berlanjut secara ekonomis, adil dalam pemanfaatan sumberdaya dan distribusinya, manusiawi untuk semua aspek kehidupan, dan luwes terhadap perubahan lingkungan usahatani yang dinamis (Gips, 1986). Tingkat keberhasilannya lebih menekankan pada aspek keselarasan dan keterpaduan pengelolaan sumberdaya secara berkelanjutan (TAC/CGIAR, 1988; Stringer, 1998).

4.1. Keragaan ekologi dan kebutuhan tanaman

Seperti diuraikan sebelumnya, tanaman sayuran digolongkan ke dalam dua kelompok utama. Pertama, sayuran dataran tinggi hasil introduksi dari daerah temperate, seperti kentang, kubis-kubisan, tomat, dan cabai. Kedua, sayuran dataran rendah yang umumnya didominasi oleh jenis asli lokal *indigenous*, seperti kacang panjang, ketimun, pare, oyong, bawang merah, dan cabai yang memiliki daya adaptasi luas (Iteu Hidayat, 2005).

Sayuran introduksi dari daerah temperate beradaptasi dengan baik di dataran tinggi, lebih dari 700 m dpl., sementara jenis sayuran dataran rendah berkembang dengan baik pada ketinggian tempat kurang dari 700 m dpl (Hidayat dkk., 1990). Selain suhu, kebutuhan ekologi yang mencolok dari sayuran dataran tinggi dan dataran rendah adalah panjang hari dan

intensitas cahaya (Tisdale, *et al.*, 1985; Wien, 1997). Di Indonesia panjang hari umumnya relatif sama, yang berbeda adalah intensitas cahaya, berkisar antara 1-3 jam antara di dataran tinggi dengan dataran rendah, bergantung pada musim hujan atau kemarau (Oldeman, 1983).

Dari aspek kesuburan tanah, secara ekologis terdapat perbedaan tingkat kesuburan yang jelas antara tanah-tanah untuk produksi sayuran di dataran tinggi dengan dataran rendah. Jenis tanah untuk budidaya sayuran di dataran tinggi umumnya Inseptisol sampai Entisol (Latosol sampai Andosol) dengan tingkat kesuburan rendah sampai sedang, sedangkan di dataran rendah umumnya Vertisol, Latosol, dan Aluvial (Suwandi dan Hilman, 1992c; Nurtika dan Suwandi, 1992a; 1992b).

Secara alami, berbagi jenis tanah tersebut memiliki sifat dan ciri khusus, seperti perbedaan kemasaman dan tingkat kesuburannya. Demikian pula tingkat ketersediaan hara (N, P, K, Ca, Mg dan S) pada masing-masing jenis tanah, dimana dinamika hara pada ekosistem ini dipengaruhi oleh lingkungan ekologi, yaitu temperatur tanah yang dalam batas tertentu mempengaruhi mobilitas unsur hara yang dapat dimanfaatkan tanaman (Epstein, 1987; Wien, 1997). Atas dasar itu maka inovasi pengelolaan kesuburan tanah spesifik sesuai ekologi budidaya sayuran memegang peranan penting.

4.2. Teknologi Budidaya Spesifik Ekologi dan Jenis Tanaman

Selintas terdapat perbedaan prinsip dalam budidaya sayuran dataran tinggi dan dataran rendah, bahkan lebih spesifik untuk daerah-daerah tertentu, terkait dengan perbedaan relatif iklim di suatu tempat. Faktor cuaca yang dominan dalam usahatani

tanaman sayuran di dataran tinggi dan dataran rendah adalah suhu udara yang terkait langsung dengan kemampuan adaptasi sayuran introduksi dan lokal (Tisdale, *et al.* 1985; Wien, 1997).

Informasi beberapa jenis atau varietas yang potensial dan prospektif dalam pengembangan agribisnis sayuran di dataran tinggi dan dataran rendah telah tersedia. Untuk ekologi dataran rendah, misalnya, telah dilepas tiga varietas tomat, tiga varietas cabai, dan dua varietas bawang merah, sedangkan untuk ekologi dataran tinggi telah dilepas pula tiga varietas kacang buncis dan dua varietas kentang (Balitsa, 2006). Inovasi budidaya sayuran yang sesuai dengan ekologi tersebut juga tersedia dan siap digunakan secara parsial maupun terintegrasi dalam sistem produksinya.

Salah satu terobosan inovasi dalam peningkatan produktivitas sayuran dataran rendah adalah teknologi pemanfaatan mulsa (jerami dan plastik hitam perak) untuk mengatasi masalah lingkungan. Pada budidaya tomat di dataran rendah, pengaturan suhu dengan penerapan teknologi mulsa mampu meningkatkan hasil hingga 15 persen, mengurangi kekompakan tanah, menekan pertumbuhan gulma, dan mencegah perkembangan penyakit tular tanah yang dapat menurunkan kualitas buah tomat (Suwandi, 1988; Gunadi dan Suwandi, 1988).

Perbaikan budidaya lainnya adalah pengurangan intensitas cahaya sebesar 30 persen untuk bawang putih dataran rendah, interaksi kerapatan tanaman kangkung darat dengan pemupukan NPK, sesuai dengan kebutuhan agroekologi tanaman yang diusahakan (Suwandi dkk., 1986; Suwandi dan Nurtika, 1993).

Upaya peningkatan efisiensi penggunaan pupuk dapat ditempuh melalui prinsip tepat jenis, tepat takaran, tepat cara, tepat waktu aplikasi, dan berimbang sesuai kebutuhan tanaman.

Cara tersebut memberikan dampak positif terhadap pertumbuhan, hasil, dan mutu sayuran, termasuk kesuburan lahan yang diusahakan secara intensif bagi tanaman sayuran berumur pendek, 2-4 bulan (Suwandi, 1982).

Pemberian pupuk alam (seperti pupuk organik dan kapur pertanian) nyata meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan pupuk kimia, serta meningkatkan hasil sayuran, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah (Suwandi dan Himan, 1988). Sistem pengelolaan pupuk tersebut meningkatkan hasil tomat, kentang, bawang merah dan cabai sebesar 15-30 persen (Hilman dkk., 1992; Hilman dan Suwandi, 1992).

V. INDIKATOR KEBERLANJUTAN DALAM SISTEM PRODUKSI SAYURAN

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Haridin yang Saya hormati.

Kebertahanan suatu pembangunan sangat diperlukan agar pembangunan jangka pendek tidak mengorbankan kepentingan generasi yang akan datang dalam memenuhi kebutuhannya (RMA, 1991). Komponen utama dari keberlanjutan sistem produksi adalah penentuan indikator kinerja terkait dengan tujuan yang ingin dicapai. Sementara Indikator kinerja juga merupakan peubah yang mampu menunjukkan suatu perubahan dalam hal; biofisik, kimia, sosial, dan ekonomi (Chiew and Shamsudin, 2007). Adnyana (2008) mengungkapkan indikator keberlanjutan sistem usahatani sebagai berikut:

5.1. Produktivitas dan Produksi

Produksi sayuran secara berkelanjutan adalah optimalisasi pengelolaan tanaman yang diusahakan dalam jangka panjang. Beberapa alternatif indikator produksi yang dapat digunakan untuk mengukur sistem produksi intensif yang berkelanjutan, antara lain; (a) kuantitas dan kualitas hasil per satuan unit lahan (kg/ha), (b) hasil per unit total air irigasi (kg/m^3), dan (c) hasil per unit tenaga kerja yang digunakan (kg/OH).

5.2. Tanah dan Air

Tanah dan air merupakan indikator sumber daya bio-fisik yang sangat fundamental dalam usahatani intensif, khususnya untuk produksi sayuran yang bernilai ekonomi tinggi. Intensitas penggunaan tanah dan air irigasi sangat mempengaruhi indikator produksi lainnya.

Indikator tanah dan air yang cukup mewakili untuk mengukur keberlanjutan suatu sistem produksi antara lain adalah: (1) kuantitas hasil tanaman per unit lahan yang digunakan (t/ha), (2) hasil tanaman per unit penggunaan input (unsur hara dan air) per unit lahan ($\text{t/m}^3/\text{ha}$), dan (3) kualitas hasil (% hasil tanaman *marketables*).

5.3. Indikator Input Kimiawi

Penggunaan input kimia seperti pupuk buatan dan pestisida masing-masing bertujuan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara di tanah dan mengendalikan hama penyakit tanaman agar diperoleh hasil yang optimal. Namun upaya tersebut seringkali menimbulkan efek samping (*eksternalitas*) yang tidak menguntungkan, seperti degradasi kesuburan lahan dan pencemaran lingkungan.

Berbagai alternatif indikator yang terkait dengan penggunaan input kimia adalah: (1) jumlah input kimia digunakan per satuan luas lahan (kg/ha, l/ha), (2) tingkat residu kimia pada tanaman, (3) konsentrasi unsur kimia pada air permukaan, (4) harga input kimia (Rp/kg, l/kg), dan (5) hasil per unit input kimia yang digunakan (t/kg, t/liter).

5.4. Indikator Tenaga Kerja

Dalam usahatani sayuran intensif, tenaga kerja merupakan faktor produksi yang lebih besar, terutama pada kegiatan: (1) pengelolaan tanah dan air pengairan, (2) penggunaan sarana dan prasarana produksi, dan (3) pemeliharaan tanaman sampai pemasaran hasil. Komponen tenaga kerja terbesar adalah untuk operasionalisasi lapangan.

Untuk mengidentifikasi keberlanjutannya dapat dievaluasi dari indikator: (1) pemeliharaan tanaman, (2) kemungkinan adanya perubahan sistem pengelolaan tanaman, dan (3) penambahan areal tanam yang diusahakan.

5.5. Finansial dan Ekonomi

Kelayakan ekonomi dan finansial usahatani sayuran merupakan faktor yang berperan penting dalam memotivasi petani untuk meningkatkan kinerja usahatannya. Indikator ekonomi dapat digunakan untuk mengukur pengaruh finansial dan ekonomi usahatani sayuran tersebut meliputi: (1) keuntungan bersih, (2) nilai ekonomi aset, (3) biaya produksi, (4) biaya irigasi/pengairan, (5) biaya energi, (6) harga produk yang berlaku, (7) skala ekonomi yang optimal, dan (8) pengaruh iklim terhadap kegiatan usahatani sayuran.

5.6. Penerimaan secara Sosial

Dampak sosial merupakan salah satu multifungsi pertanian dalam usahatani intensif yang bersifat *intangibile*. Penerimaan secara sosial dan nilai suatu produk pada dasarnya direfleksikan dalam harga yang ingin dibayar oleh konsumen (*willingness to pay, WTP*). Perhatian masyarakat dan pemerintah, baik negatif maupun positif, juga dapat digunakan sebagai indikator penerimaan secara sosial.

Beberapa indikator yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat penerimaan sosialnya, antara lain: (1) kepedulian masyarakat terhadap perlunya kelestarian sumberdaya dan lingkungan, dan (2) keinginan untuk menerima (*willingness to accept, WTA*) produsen terhadap program atau kegiatan yang terkait dengan kelestarian sumberdaya dan keberlanjutan suatu sistem produksi.

VI. STRATEGI PENGEMBANGAN SISTEM PRODUKSI SAYURAN BERKELANJUTAN

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati.

Pengembangan sistem usahatani berkelanjutan bersifat dinamis, perlu memperhatikan penerapan inovasi yang terdahulu dan sekarang, juga perencanaan usahatani ke depan (Kallse, 2005). Tingkat keberlanjutan sistem usahatani adalah proses penentu produksi yang bersifat kuantitatif (Stomph *et al.* (1994), seperti karakteristik tanah, pengelolaan praktis sumberdaya dan interaksinya dengan lingkungan (Meerman *et al.*, 1992; Kruseman *et al.*, 1993).

6.1. Reorientasi Sistem Pengelolaan Hara

Penerapan teknologi budidaya sayuran yang berorientasi pada input agrokimia tinggi merupakan tantangan yang serius dalam mewujudkan sistem produksi keberlanjutan. Reorientasi usahatani sayuran ke depan adalah upaya pemenuhan tuntutan kebutuhan yang dilandasi oleh peningkatan efisiensi dan daya saing produksi. Satu di antaranya adalah perencanaan seksama dalam pengelolaan unsur hara (pupuk) untuk tanaman dengan mempertimbangkan dukungan sumberdaya lahan dan aplikasi teknologi spesifik lokasi (BBSDLP, 2007)

Analisis biofisik lahan perlu dilakukan dalam rangka mengelola kesuburan tanah yang dinamis untuk menjamin produktivitas optimal dan penyediaan hara tanah sesuai kebutuhan tanaman. Analisis komoditas diperlukan untuk menetapkan dukungan teknologi budidaya spesifik dalam mencapai target yang ditetapkan secara menguntungkan (Kisworo, 2001). Suatu inovasi teknologi harus mampu menekan ongkos produksi untuk mendapatkan hasil yang lebih tinggi dengan kualitas yang lebih baik (*cost and quality*).

Pergeseran model pengelolaan pupuk dari orientasi respons tanaman terhadap penggunaan model atau sistem pakar, selain mampu mengeliminasi pemborosan input yang tidak tepat juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan input dengan hasil yang realistis. Aspek keberlanjutan usahatani sayuran dapat lebih terjaga karena adanya orientasi pemakaian input yang disesuaikan dengan kebutuhan dan keseimbangan suplai hara internal maupun eksternal (Geraldson, *et al.*, 1973; Sanchez, 1976; Stringer, 1998).

Implikasi sinergis dari penerapan inovasi budidaya adalah manifestasi respons tanaman terhadap lingkungan biofisik dan

manajemen produksi yang diharapkan. Tingkat keselarasan inovasi yang relevan di lapangan akan banyak ditentukan oleh kemampuan sumber daya manusia (SDM) dalam memanfaatkan dan/atau mengadopsi teknologi secara harmonis (*deleniation and priority setting*).

6.2 Sinergi dan Harmonisasi Inovasi Budidaya

Keberhasilan sistem produksi untuk mencapai target kuantitas dan kualitas produk standar berkaitan erat dengan penyelarasan implementasi teknologi budidaya (pengelolaan hara dan tanaman), teknik *handling* maupun penanganan pasca-panen. Inovasi teknologi sayuran yang tersedia cukup beragam ditinjau dari peruntukannya, mulai dari jenis atau kultivarnya maupun ekosistem budidaya di dataran rendah atau dataran tinggi. Keragaman tersebut tentu saja menuntut harmonisasi inovasi teknologi di tingkat lapangan (*timing know-how*).

Feed what the crops need juga dapat disetarakan dengan sistem pemupukan berimbang terpadu spesifik lokasi yang berorientasi GAP (*Good Agriculture Practices*), yaitu standar praktek budidaya sayuran yang baik dan benar dalam proses produksi, panen, dan pasca-panen. Salah satu aspek penting yang menjadi standar dalam penerapan GAP adalah pengelolaan unsur hara (pemupukan) yang efisien dan ramah lingkungan. Penerapan GAP bertujuan untuk menghindari atau meminimalisasi risiko, seperti bahaya keamanan pangan, kerusakan lingkungan, kesehatan, keselamatan dan kesejahteraan pekerja, serta untuk meningkatkan daya saing produk sayuran (Ditjen Hortikultura, 2005).

Peta jalan sistem produksi sayuran dibuat dengan menggunakan rancang bangun pengelolaan faktor-faktor produksi secara dinamis. Analisis pada setiap segmen budidaya (*on-farm*) dilakukan secara terukur dengan melakukan introduksi inovasi tepat guna, sesuai kajian kepakaran (*asesment experties*) dan pengalaman lapangan. Berkaitan dengan penerapan model harmoni atau sistem pakar pemupukan berimbang terpadu spesifik lokasi (PBTS), beberapa aspek penting yang diperlukan antara lain adalah: (a) indentifikasi dan delineasi status lahan/kawasan sentra produksi dan wilayah pengembangan sayuran, (b) pengembangan teknologi pemupukan organik dan inorganik sesuai kebutuhan tanaman spesifik, dan (c) pengembangan alat bantu berupa *kits* untuk uji tanah dan uji tanaman secara cepat (BBSDLP, 2007).

Pengembangan usahatani diversifikasi, baik horizontal maupun vertikal, perlu memperhatikan aspek sinergisme antar-tanaman yang akan diusahakan (Suwandi dkk., 2003; Suwandi dan Rosliani, 2004). Sinergisme antar-tanaman sayuran nyata mempengaruhi produktivitas dan keseimbangan pengelolaan hara (pupuk), serta harmonisasi pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) di lapangan. Pola tumpangsari tanaman antara bawang merah dan cabai di dataran rendah, cabai dan tomat atau tomat dengan tanaman kubis/petsai di dataran tinggi, selain dapat meningkatkan nilai kesetaraan lahan (NKL) juga menguntungkan petani (Abidin *et al.*, 1996; Suwandi dan Asandhi, 1995). Kombinasi tanaman yang sinergis dalam sistem tumpangsari merupakan orientasi usaha yang prospektif dalam mengelola dinamika dan keseimbangan input/hara serta mengatasi risiko usahatani (Rosliani dkk., 1995; Adiyoga, dkk., 2000; Suwandi, dkk., 2003).

6.3. Kerjasama Kemitraan Usahatani Sayuran

Rataan luas usahatani sayuran di tingkat petani, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah adalah sekitar 0,2-0,3 hektar (Adiyoga, dkk. 2000). Selain kepemilikan atau garapan lahan yang sempit, biaya usahatani sayuran juga relatif mahal. Akibatnya, usahatani sayuran secara individu petani selalu dalam posisi tawar yang lemah. Petani menjadi penerima harga yang selalu ditetapkan oleh tengkulak, menanggung segala risiko kegagalan usahatani, dan modal mereka sangat terbatas dengan skala usahatani sangat kecil (Adiyoga, dkk. 2000; Adyana, 2008).

Berkaitan dengan hal tersebut, petani sayuran perlu antisipatif dalam hal:

- 1) konsolidasi manajemen usahatani dengan membentuk kelompok usaha agribisnis dari dan sebesar-besarnya untuk keuntungan petani atau kelompoknya,
- 2) kelompok usaha tersebut hendaknya berbadan hukum agar memiliki akses ke sumber permodalan formal, seperti bank atau lembaga perkreditan,
- 3) mencari atau mengembangkan pola kemitraan (*partnership*) dengan nota kesepakatan yang saling menguntungkan, saling ketergantungan, dan saling berbagi risiko (*supply chains management*), dan
- 4) lembaga atau kelompok usaha agribisnis yang potensial adalah dalam bentuk koperasi, korporasi, dan kelompok usaha atau himpunan kegiatan usaha (asosiasi).

Pendekatan semacam itu sudah mulai dilaksanakan oleh Kelompok Agribisnis Sayuran di Cipanas, Jawa Barat. Petani sayuran tersebut mampu mengembangkan usahatannya secara lebih profesional, mandiri, mendapatkan keuntungan yang lebih layak dan berkelanjutan.

VII. KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Saya hormati.

7.1 Kesimpulan

- 1) Teknologi pemupukan sesuai kebutuhan tanaman atau “*Feed what the crops need*” siap dikembangkan sebagai upaya perbaikan inovasi budidaya sayuran sesuai kebutuhan tanaman untuk mencapai target produksi yang diharapkan.
- 2) Model harmoni adalah analisis sistem pakar budidaya tanaman yang mampu menjadi enabler pencapaian keunggulan kompetitif usahatani sayuran. Aplikasi model ini memerlukan pemanduan atau pendampingan di lapangan.
- 3) Pengelolaan pupuk pada tanaman sayuran tidak berdiri sendiri, pemupukan organik dan anorganik yang efisien perlu dibarengi pemberian hara sekunder Ca, Mg dan S untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil sayuran.
- 4) Indikator penentu keberlanjutan usahatani sayuran intensif antara lain meliputi parameter produksi dan kualitas hasil per satuan unit lahan, input bahan, tenaga kerja atau biaya yang mampu menunjukkan suatu perubahan positif terhadap aspek bio-fisik, kimia, ekonomi dan sosialnya.
- 5) Strategi pengembangan budidaya sayuran berkelanjutan ke depan adalah melakukan reorientasi sistem pengelolaan hara, sinergi dan harmonisasi inovasi budidaya, serta mengembangkan kerjasama kemitraan usahatani sayuran.

7.2. Implikasi Kebijakan

- 1) Secara nasional, peningkatan produktivitas dan kualitas hasil sayuran memerlukan dukungan subsidi sarana produksi (pupuk) bagi petani. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuknya diperlukan pedoman sistim Pemupukan Berimbang Terpadu Spesifik (PBTS) pada usahatani sayuran yang sejalan dengan Permentan no. 47/2007 tentang Pedoman Umum Budidaya Pertanian pada Lahan Pegunungan.
- 2) Perhatian pemerintah dalam penyediaan input produksi sekunder berupa penyediaan kapur pertanian, dolomit, batuan posfat, dan pupuk organik untuk komoditas sayuran belum mendapat perhatian khusus dalam rangka meningkatkan daya saing dan keberlanjutan usahatani sayuran di kawasan sentra produksi.
- 3) Pengembangan teknologi dalam dinamika unsur hara dan fisiologi tanaman hendaknya mendapat perhatian dan prioritas penelitian. Penelitian semacam ini sangat dibutuhkan untuk menjawab masalah inefisiensi penggunaan input (unsur hara) dan manajemen arsitektur tanamannya.

VIII. PENUTUP

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Berbahagia.

Sebelum mengakhiri orasi ini, ijinilah saya membacakan terjemahan **Al Quran surat Al Baqarah (2): 61** sebagai berikut:

“Dan (ingatlah), ketika kamu berkata: Hai Musa, kami tidak bisa sabar (tahan) dengan satu macam makanan saja. Sebab

itu mohonkanlah untuk kami kepada Tuhanmu, agar Dia mengeluarkan bagi kami dari apa yang ditumbuhkan bumi, yaitu sayur-mayurnya, ketimunnya, bawang putihnya, kacang adasnya dan bawang merahnya”.

Implikasi ayat tersebut adalah, komoditas sayuran perlu terus dikembangkan melalui penerapan inovasi budidaya prospektif berbasis kebutuhan tanaman atau *feed what the crops need*. Pendekatan ini menjadi sangat relevan bagi pembangunan hortikultura di Indonesia, karena ***kemajuan hortikultura suatu negara sering menjadi indikator kemajuan bangsanya***. Amin!.

UCAPAN TERIMA KASIH

Majelis Pengukuhan Profesor Riset dan Hadirin yang Berbahagia

Seraya mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, atas pemberian nikmat, rahmat, dan hidayah-Nya, saya ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan penghargaan yang tinggi kepada berbagai pihak berikut:

1. Kedua orang tua saya, Bapak H. Oyo Suwaya dan Ibu Hj. Rokayah yang selalu perhatian dan tidak pernah lupa berdoa untuk keberhasilan dan kebahagiaan kami.
2. Isteri tercinta, Euis Nurhayati, yang dengan sabar dan kerja kerasnya memberikan dukungan moral spiritual, ikhlas mendampingi, demikian juga anak kami tercinta Dhani, Lerif, dan Irman, serta kepada Bapak/Ibu Mertua.
3. Guru kami, Bapak Prof. Dr. Goeswono Soepardi (alm), atas bimbingan yang intensif kepada saya dalam penyelesaian

studi di Jurusan Ilmu Tanah (S1 dan S2), Fakultas Pertanian IPB, Bogor.

4. Senior kami, Prof. A. A. Asandhi, Prof. A. S. Duriat Prof. D. S. Damarjati, Prof. A. Hasanuddin, dan Dr. P. Tjitropranoto atas dukungan dan bimbingan langsung maupun tidak langsung dalam pencapaian karier fungsional ini.
5. Promotor Prof. Made Oka Adnyana dan evaluator orasi ilmiah Badan Litbang pertanian, Prof. Irsal Las, Prof. Ika Mustika, dan Prof. Subandric, atas bimbingan dan sumbang sarannya bagi perbaikan materi orasi ini.
6. Bapak Kepala Badan Litbang Pertanian dan Para Mantan Kepala Badan Litbang Pertanian, yang telah membina saya untuk dapat memperoleh jenjang fungsional tertinggi.
7. Kepala Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Panitia Penilai Jabatan Peneliti Deptan dan LIPI, atas kepercayaan yang diberikan mengemban tugas sebagai Peneliti Utama bidang Budidaya Tanaman.
8. Kepala Puslitbang Hortikultura, kepala Balai Penelitian Tanaman Sayuran, kepala Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BP2TP), dan teman-teman sejawat di lingkup Badan Litbang Pertanian, atas dukungan dan kerjasama yang baik hingga saat ini.
9. Panitia acara pengukuhan Profesor Riset Badan Litbang Pertanian berserta para undangan dan hadirin atas kesabaran dan perhatiannya dalam mengikuti acara pengukuhan Profesor Riset ini.

Terima kasih,

Wabillahi Taufiq Wai Hidayah, Wassalamu Allaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdolzadeh, A., K. Shima, H. Lambers, and K. Chiba. 2008. Change in uptake, transport and accumulation of ions in Nerium oleander (Rosbebay) as affected by different Nitrogen sources and salinity. *Ann. Bot.* 102(5) 735-746.
- Adiyoga, W. 1999. Pola pertumbuhan produksi beberapa jenis sayuran di Indonesia. *J. Hort.* 9(2):258-265.
- Adiyoga, W., M. Ameriana, R. Suherman, T.A. Soetiarso, B.K. Udiarto, dan I. Sulastrini. 2000. Sistem produksi beberapa jenis sayuran di Indonesia. *J. Hort.* 9(2):258-265.
- Adnyana, M.O. 2008. Development of sustainable indicators of intensive rice production system in Indonesia. Research Collobaoration between IRRI and IFCORD (mimeograph).
- Adnyana, M.O. 2005. Lintasan dan Marka Jalan Menuju Ketahanan Pangan Terlanjutkan dalam Era Perdagangan Bebas. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Ekonomi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Anonimus. 2008. Hubungan cahaya dan tanaman. Lab. Ilmu Tanaman. *Faperta UGM*, 20 Januari 2009. www.faperta.ugm.id/lab/kuliah/fistan6.
- Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian (BBSDLP). 2007. Teknologi pengelolaan sumberdaya lahan pertanian mendukung Prima Tani. Pandum, Badan Litbang Pertanian.
- Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Baliitsa). 2006. Ketersediaan inovasi teknologi sayuran mendukung Prima Tani. Balai Penelitian Tanaman Sayuran (monograf).

- Baker, A.V. and D.J. Pilbean. 2006. Hunger sign in crops. *In Handbook of Plants Nutrition* 117. CRC Press.
- Brown, L.R. 1989. State of the world 1989. A worldwatch institute report on progress toward a sustainable society New York: Norton.
- Chiew, F.C. and M.N. Shamsudin. 2007. Education for sustainable development: an overview of Malaysia's experiences in sustainable agricultural development and environmental conservation. *Obihiro Univ. for Agriculture and Veterinary Medicine*. 53-70p.
- Corey, R. B. 1973. Factors affecting the availability of nutrient to plants. in *soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Inc. 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin 537111 USA. p. 23-34.
- Delvian. 2006. Faktor penting bagi pertumbuhan pohon dalam pengembangan hutan tanaman industri. Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara. 21 hal.
- Epstein, E. 1978. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*. Dept. Soil & Plant Nutrition. Univ. of California Davis. Wiley Eastern Limited. New Delhi. Bangalore. Bombay. 412 p.
- Gunadi, N. and Suwandi. 1988. Effects mulching plant spacing on growth and yield of tomato var. Berlian. *Bull. Penel. Hort.* 16(2): 61-66.
- Geraldson, C. M., G.r. Klacan, and O. A. Lorenz. 1973. Plant analysis as an Aid in Fertilizing Vegetables crops. *In soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Inc. 677 South Segoe Road, Madison, Wisconsin 537111 USA. p. 365-380.

- Gips, T. 1986. What is sustainable agriculture? In: P. Allen, and D. van Dusen (eds). Global perspectives on agriculture and sustainable agriculture systems. Proc. the 6th International Scientific Conference of the International federation of Organic Agriculture Movements 1:63-74.
- Hidayat, A., Yusdar Hilman, N. Nurtika, and Suwandi. 1990. Results of Lowland Vegetable Research. Proceedings of the National Vegetable Workshop. Lembang. p. 55-68.
- Van Keulen, H. 1995. Sustainability and long-term dynamic of soil organic matter and nutrient under alternative management strategies. In: J. Bouma *et al.* (eds). Eco-regional approach for sustainable land use and food production. p.353-375.
- Kallse, C. 2005. What is sustainable agriculture and how do we do it ? Better crops with plant food vol. 89.
- Kisworo. M.W. 2001. Transformasi korporasi untuk peningkatan keunggulan kompetitif berbasis teknologi informasi. Jurnal Univ. Paramadina 1(1). 13 hal.
- Kruseman, G., H. Hengsdijk, and R. Ruben. 1993. Disentangling the concept of sustainability. Conceptual definitions, analytical framework and operations techniques in sustainable land use. DLV report no. 2, CABO-DLO, Wageningen, the Netherlands.
- Makarim, A.K. 2007. Aplikasi ekofisiologi dalam sistem produksi padi berkelanjutan. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Fisiologi Tanaman. Badan Litbang Pertanian. Jakarta. 74 hal.

- Marshner, H. 1986. Mineral nutrition in higher plants. Academic Press Inc, London Ltd. p.195-265 & 391-407.
- Mattason, M. and J.K. Schjoerring. 2002. Dynamic and steady-state responses of inorganic nitrogen pools and NH₃ exchange in root nitrogen supply. *Plant Physiology*. 128(2): 742-750.
- Meerman, F., G.W.J. van de Ven, H. van Keulen, O.M.B. de Ponti 1992. Sustainable crop production and protection. Discussion paper, Ministry of Agriculture, Nature Management and Fisheries, Dept. OSL, Hague, the Netherlands.
- Nurtika, N. dan Suwandi. 1992. Pengaruh pemberian kapur dan sumber pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Bull. Penel. Hort.* 17(4):16-21.
- Reijntjes, C.B. Haverkort dan A. Water-Bayer. 1999. Pertanian Masa Depan. Pengantar untuk pertanian berkelanjutan dengan input luar rendah. ILEIA. Kanisius. Edisi Indonesia.
- Resource Management Act (RMA). 1991. Indicator of Sustainable Irrigated Agriculture. <http://www.Maf.Govt.nz/mafnet/rural-nz>.
- Rolling, N. 1990. The agriculture research technology transfer interface: a knowledge systems prespective. In: D. Kaimowitz (ed). *Making the link: Agriculture research and technology transfer in developing countries*. p.1-42.
- Hilman, Y. dan Suwandi 1987a. Pengaruh pupuk nitrogen dan fosfor terhadap kentang. I. Pertumbuhan dan Hasil Kentang. *Bull. Penel. Hort.* 15(2):206-212.

- Hilman, Y. dan Suwandi. 1987b. Pengaruh penggunaan pupuk N dan fosfor terhadap mutu umbi kentang. *Bull. Penel. Hort.* 15(1):72-78.
- Hilman, Y. dan Suwandi. 1989. Penetapan P tersedia pada tanah Andosol. *Bull. Penel. Hort.* 18(2):91-97.
- Hilman, Y., Azis A.A. and Suwandi. 1989. Lime, nitrogen and phosphate fertilizers applicates at rainy season on low land chinese cabbage. *Bull. Penel. Hort.* 18(2):44-50.
- Hilman, Y., Suwandi, dan N. Nurtika. 1992. Pengaruh kombinasi bahan organik dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil buah tomat tanah Latosol di dataran rendah. *Bull. Penel. Hort.* 17(4):5-15.
- Hilman, Y. dan Suwandi. 1992. Pengaruh takaran P, N dan N terhadap pertumbuhan, hasil, perubahan ciri kimia tanah dan serapan hara tanaman cabai. *Bull Penel. Hort.* 18(1):107-116.
- Oldeman, R. L. 1983. An agroclimatic map of Java and Madura. Contribution of Central Research Institute for Agriculture. Bogor. Indonesia.
- Sachs, I. 1987. Towards a second green revolution. In: B. Glaeser (ed.). *The green revolutin revisited*. London: Allen & Win. p.193-198.
- Sanchez, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Departement of Soil Science, North Carolina State University. A. Wiley-.interscience Publication. John Wiley and Sons, New York, London, Sydney, Toronto.

- Setyorini, D. dan R.W. Ladiyani. 2008. Cara cepat menguji status hara dan kemasaman tanah. [www. Litbang.deptan.go.id](http://www.litbang.deptan.go.id). Akses 8 Januari 2009.
- Sudaryono. 2005. Kontribusi ilmu tanah dalam mendorong pengembangan agribisnis kacang tanah di Indonesia. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama Bidang Ilmu Tanah. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sumarna, A. dan Suwandi. 1990a. Pengaruh cara tanam dan mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Bull. Penel. Hort. Ed. Khusus* 18(2):43-47.
- Sumarna, A. dan Suwandi. 1990b. Pengaruh penggunaan turus dan mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Bull. Penel. Hort. Ed. Khusus* 18(1):74-86.
- Suwandi. 1982. Effects of dolomite application on tomato, potato and bean grown in highland areas of Lembang. *Bull. Penel. Hort.* 9(4):7-16.
- Suwandi. 1984. Pengaruh sisa pemupukan magnesium pada tanaman tomat, kentang dan kacang joga. *Bull. Penel. Hort.* 11(2):17-26.
- Suwandi dan Y. Hilman. 1988. Effect of liming and NP fertilizer application on Sangihe varieties of chinese cabbage. *Bull. Penel. Hort.* 17(1):37-40.
- Suwandi. 1988. Effect of mulching and planting distance of Talaut variety of chinese cabbage. *Bull. Penel. Hort.* 16(2):26-33.
- Suwandi dan Y. Hilman. 1992a. Penggunaan pupuk nitrogen dan triple super phosphate pada bawang merah. *Bull. Penel. Hort.* 22(4):28-40.

- Suwandi dan Y. Hilman. 1992b. Kombinasi penggunaan pupuk urea, ZA dan TSP pada tanaman cabai. Bull. Penel. Hort. 24(2):118-128.
- Suwandi dan N. Nurtika. 1993. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan hasil bawang putih dataran rendah . Bull. Penel. Hort. 25(2):121-129.
- Suwandi dan A.A. Asandhi. 1995. Pola usahatani berbasis sayuran dengan berwawasan lingkungan untuk meningkatkan pendapatan petani. Pros. Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Lembang. hlm. 13-28.
- Suwandi, R. Rosliani, N. Sumarni, dan W. Setiawati. 2003. Interaksi tanaman pada sistem tumpangtari tomat dan cabai di dataran tinggi. Jurnal Hort. 13(4):244-250.
- Suwandi dan R. Rosliani. 2004. Pengaruh kompos, pupuk nitrogen, dan kalium pada cabai yang ditanam tumpanggilir dengan bawang merah. Jurnal Hort. 14(1):41-48.
- Shelp. B.J. 1987. Plant characteristics and nutrient composition and mobility of Broccoli supplied with NH_4^+ , NP_3 or NH_4NO_3 . J. exp. Bot. <http://jxb.oxfordjournals.org/cgi/content/abstract/38/10/1603>.
- Stomph T.J., L.O. Fresco, and H. van Keulen. 1994. Land use system evaluation: concepts and methodology. Agric. Syst. 44:2343-255.
- Stringer, R. 1998. Environmental policy and Australia's horticulture sector. CIES Policy Discussion Paper. Univ. Adelaide, Australia. http://papers.ssrn.com/soi3/papers.cfm?abstract_id=86708.

- TAC/CGIAR, 1988. Sustainable agriculture production: implications for international agricultural research. Rome. FAO.
- Stringer, R. 1998. Environmental policy and Australia's horticulture sector. CIES Policy Discussion Paper. Univ. Adelaide, Australia. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=86708.
- Tandon, H.L.S. and Kimmo, I.J., 1993. Balanced fertilizers use. Its practical importance and guidelines for agriculture in the Asia-Pacific Region. United Nation, New York, 49p.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4 ed. Macmillan Publishing Company, New York. 754 p.
- Walsh, I.M. and J.D. Beaton. 1973. Soil testing and plant analysis. Review ed. Soil Sci.Soc. Amer.Inc. Madison, Wisconsin, USA. p. 491.
- Wien, H. C. 1997. The Physiology of Vegetable crops. Departement of Fruit and Vegetables Science. Cornell University of Thaca, NY. USA. CAB. INTERNATIONAL.

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

1. **Suwandi**, 1981, Pengaruh sumber dan dosis pemberian magnesium terhadap pertumbuhan, produksi dan mutu hasil tanaman tomat, kentang dan kacang jogo pada tanah Andoso!. Tesis Pasca Sarjana IPB.
2. **Suwandi**. 1982. Effect of dolomite application on tomato, potato and bean grown in highland areas Lembang. Bull. Penel. Hort. 9 (4):7-16.

3. Subur, **Suwandi** dan Asandhi A.A. 1983. Pengaruh media tumbuh dalam kultur hidroponik pada pertumbuhan tomat. Bull. Penel. Hort. 11 (2) : 17-26
4. **Suwandi**. 1984. Pengaruh terak baja dan trachit pada kentang dan pengaruh sisanya pada bawang daun. Bull. Penel. Hort. 11(1):16-21.
5. **Suwandi**. 1984. Pengaruh sisa pemupukan magnesium pada tanaman tomat, kentang dan kacang jogo. Bull. Penel. Hort. 11 (2) : 17-26. Supriyadi,
6. **Suwandi** dan Satsijati. 1986. Pengaruh pengapuran terhadap 4 varietas kacang panjang di lahan pasang surut karang Agung. Bull. Penel. Hort. 14(1):53-60. Edisi Khusus.
7. **Suwandi**, N. Nurtika, dan M. Husna. 1986. Pengaruh jarak tanam dan dosis pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kangkung darat (*Ipomoea reptans*). Bull. Penel. Hort. 17(4):20-28.
8. **Suwandi** dan Subur. 1986. Pengaruh macam formula larutan hara dalam kultur hidroponik tanaman paprika. Bull. Penel. Hort. 4 (2): 8-14.
9. **Suwandi** dan N. Nurtika. 1987. Pengaruh pupuk kimia sari humus terhadap tanaman kubis. Bull. Penel. Hort. 15(2):213-218.
10. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1987. Pengaruh pupuk nitrogen dan fosfor terhadap kentang. I. Pertumbuhan dan Hasil Kentang. Bull. Penel. Hort. 15(2):206-212.
11. Sumiati, E. dan **Suwandi**. 1987. Pengaruh konsentrasi Dharmasri 5 EC (Triacontanol) terhadap buah cabe kultivar Barito. Bull. Penel. Hort. 15 (2):337-345.

12. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1987. Pengaruh penggunaan pupuk nitrogen dan fosfor terhadap mutu umbi kentang. Bull. Penel. Hort. 15(1):72-78.
13. Gunadi, N., **Suwandi** dan Y. Hilman. 1988. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan macam unsur mikro pada tanaman bawang putih (*Allium sativum* L.) Bull. Penel. Hort. 16(4):5-13.
14. **Suwandi**. 1988. Pengaruh pemupukan NPK (15-15-15) dan jarak tanam pada pertumbuhan dan hasil tomat. GH² dan GH⁴ (Mutiara). Bull. Penel. Hort. 16(2):26-33.
15. Gunadi, N. and **Suwandi**. 1988. Effects mulching plant spacing on growth and yield of tomato var. Berlian. Bull. Penel. Hort. 16(2):61-66.
16. **Suwandi** dan Satsijati. 1988. Pengaruh macam pupuk buatan pada tanaman tomat kultivar Berlian di daerah pasang surut Sumatera Selatan. ` Bull. Pen. Hort. 16 (3) : 41-44.
17. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1988. Effect of liming and NP fertilizer application on Sanghie varieties of chinese cabbage. Bull. Penel. Hort. 1 (1):37-40.
18. **Suwandi**. 1988. Effect of mulching and planting distance of Talaud variety of chinese cabbage. Bull. Penel. 16(2):26-33.
19. **Suwandi**. 1988. Pengaruh pemberian Mixtalol pada pertumbuhan dan hasil lombok kultivar Barito. Bull. Penel. Hort. 16(2):26-33.
20. Gunadi, N. dan **Suwandi**. 1989. Pengaruh dosis dan waktu aplikasi pemupukan fosfat pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) kultivar Sumenep. Bull. Penel. Hort. 18(1):67-73.

21. Gunadi, N. dan **Suwandi**. 1989. Pengaruh dosis dan waktu aplikasi pemupukan fosfat pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). I. Pertumbuhan dan Hasil. Bull. Penel. Hort. 18(2):98-106.
22. Hilman, Y., Azis A.A. and **Suwandi**. 1989. Lime, nitrogen and phosphate fertilizers applicates on rainy season of low land chinese cabbage. Bull. Penel. Hort. 18(2):44-50.
23. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1989. Penetapan P tersedia pada tanah Andosol. Bull. Penel. Hort. 18(2):91-97.
24. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1989. Pengaruh dan dosis pupuk kadang terhadap tomat varietas Gondol. Bull. Penel. Hort. 18(2):33-43.
25. **Suwandi**, Budi Jaya, dan H. Tural. 1990. Pengaruh varietas dan pemupukan terhadap daya hasil tomat di Bangkalan Madura. Bull. Penel. Hort. 18(1):54-58 (Edisi Khusus)
26. **Suwandi**, A. Laksanawati, J. Buurma, and M. Stalen. 1990. Report of a workshop on " the planning of On Farm Client oriented Research (OFCORD) on Shallot" LEHRI/ATA-395 internal communication no. 16, Lembang..
27. Abidin, Z., N. Nurtika dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan nitrogen pada bayam varietas Giti Hujau di tanah Latosol Subang. Bull. Penel. Hort. 20(2):45-54.
28. Hidayat, A., Y. Hilman, N. Nurtika and **Suwandi**. 1990. Results of lowland vegetables research. Proceedings of the national vegetable workshop. Lembang. p. 55-68.
29. Sumarna, A. dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh cara tanam dan mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. Bull. Penel. Hort. 18(2):43-47. Ed. Khusus

30. Sumarna, A. dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh penggunaan turus dan mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman tomat. Bull. Penel. Hort. 18(1):74-86. Ed. Khusus
31. Nurtika, N., Z. Abidin dan **Suwandi**. 1990. Tanggapan beberapa kultivar kacang panjang terhadap penggunaan jarak tanam. Bull. Penel. Hort. 20(1):41-50.
32. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh penggunaan pupuk nitrogen dan dosis fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). Bull. Penel. Hort. 19(4):45-51.
33. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh pupuk N dan P terhadap perubahan sifat-sifat kimia tanah dan serapan hara pada tanaman bawang putih (*Allium sativum* L.). Bull. Penel. Hort. 19 4):71-77.
34. Abidin, Z., N. Nurtika dan **Suwandi**. 1990. Pengaruh pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil bayam cabut. Bull. Penel. Hort. 18(2):46-56. Ed. Khusus
35. Hilman, Y., **Suwandi** dan D. Fachtullah. 1991. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi pupuk daun Massmikro pada tanaman bawang putih kultivar Lumbu Hijau. Bull. Penel. Hort. 20(4):61-66.
36. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1991. Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi pupuk daun Massmikro pada cabai (*Capsicum annum* L.) kultivar Barito. Bull. Penel. Hort. 20(3):47-53.
37. **Suwandi** dan N. Gunadi. 1991. Pengaruh sumber dan dosis pemupukan fosfat pada tanaman bawang merah. Bull. Penel. Hort. 20(3):77-87.

38. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1991. Pengaruh sumber dan dosis pemupukan fosfat pada tanaman bawang putih kultivar Lumbu Hijau. Bull. Penel. Hort. 21(1):108-118.
39. Stalen, M., **Suwandi**, A. Hidayat, Nurmalinda, and J. Buurma. 1991 On-Farm Client – Oriented research (OFCORD) on Shlallot.. ATA-395 internal communication no. 30.
40. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992a. Penggunaan pupuk nitrogen dan triple super phosphate pada bawang merah. Bull. Penel. Hort. 22(4):28-40.
41. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992b. Kombinasi penggunaan pupuk Urea, ZA dan TSP pada tanaman cabai. Bull. Penel. Hort. 24(2):118-128.
42. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992c. Penggunaan pupuk nitrogen dan fosfat pada tanaman bawang putih di dataran rendah (Pengaruh takaran P, takaran N, dan komposisi Urea, ZA terhadap pertumbuhan dan sifat-sifat kimia tanah dan serapan hara bawang putih). Bull Penel. Hort. 23(1):116-128.
43. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1992. Pengaruh takaran P, takaran N dan komposisi N terhadap pertumbuhan, hasil, perubahan ciri-ciri kimia tanah dan serapan hara tanaman cabai. Bull Penel. Hort. 23(1):107-116.
44. Nurtika, N. dan **Suwandi**. 1992a. Pengaruh pupuk kandang dan Massmikro pada tanaman tomat Mutiara di tanah Andosol Lembang dan Latosol Subang. Bull. Penel. Hort. 23(3):37-42.
45. Nurtika, N. dan **Suwandi**. 1992b. Pengaruh sumber dan dosis pemupukan fosfat pada tanaman cabai. Bull. Penel. Hort. 21(4):6-15.

46. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan pupuk mikro tembaga dan seng terhadap beberapa sifat kimia tanah Andosol pada bawang putih. *Bull. Penel. Hort.* 22(1):1-16.
47. Hilman, Y., **Suwandi** dan Nunung Nurtika. 1992. Pengaruh kombinasi bahan organik dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil buah tomat pada tanah Latosol di dataran rendah. *Bull. Penel. Hort.* 22(4):5-15.
48. Nurtika, N. dan **Suwandi**. 1992. Pengaruh pemberian kapur dan sumber pupuk nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. *Bull. Pen. Hort.* 22(4):16-21.
49. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992. Penggunaan pupuk nitrogen dan triple super phosphate pada bawang merah. *Bull. Penel. Hort.* 22(4):28-40.
50. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992. Kombinasi penggunaan pupuk Urea, ZA dan TSP pada tanaman cabai. *Bull. Penel. Hort.* 24(2):118-128.
51. **Suwandi** dan Y. Hilman. 1992. Pengaruh takaran P, takaran N, dan komposisi Urea, ZA terhadap pertumbuhan dan sifat-sifat kimia tanah dan serapan hara pada bawang putih. *Bull. Penel. Hort.* 24(1):116-128.
52. Nurrnalinda, R. Majawisastra dan **Suwandi**. 1992. Analisa biaya dan pendapatan usahatani bawang merah di dataran medium Majalengka. *Bull. Penel. Hort.* 24(2):97-105.
53. Adiyoga, W., **Suwandi**, Budi Jaya dan Rustaman E.S. 1992. Evaluasi awal budidaya tomat dataran rendah/medium. *Bull. Penel. Hort.* 21(3):20-38.

54. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1992. Cara pemberian tembaga dengan dosis dan sumber pupuk kalium, magnesium dan kalsium pada bawang putih. Bull. Penel. Hort. 23(4):85-96.
55. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1992. Pengaruh penggunaan pupuk nitrogen dan fosfat pada tanaman bawang putih di dataran rendah. Bull. Penel. Hort. 23(4):136-150.
56. Adnyana, M.O and **Suwandi**. 1992. Change in Food Consumption: Effects on Production and Use Upland Crops in Indonesia. Proceedings of a Workshop Held in Kandy, Sri Lanka, October 6-9, 1992. The CGPRT Centre.
57. **Suwandi** dan N. Nurtika. 1993. Pengaruh naungan terhadap pertumbuhan dan hasil bawang putih dataran rendah. Bull. Penel. Hort. 25(2):121-129.
58. Nurtika, N. dan **Suwandi**. 1993. Pengaruh pupuk nitrogen pelepas lambat CDU terhadap pertumbuhan dan hasil tomat. Jurnal Hortikultura 3(3):1-7.
59. Rosliani, R. dan **Suwandi**. 1993. Pengaruh residu pemberian pupuk nitrogen pelepas lambat (SRN/CDU) pada tanaman kentang. Jurnal Hortikultura 3(2):64-74.
60. **Suwandi**. 1993a. Pengaruh media tumbuh dan hara dalam kultur agregat hidroponik pada tanaman cabai paprika. Bull. Penel. Hort. 25(3):8-13.
61. **Suwandi**. 1993b. Hasil penelitian bawang merah dalam tahun 1989-1992. Pros. Rapat Teknis Puslitbang Hortikultura. Cipanas. p. 106-123.
62. Hilman, Y. dan **Suwandi**. 1994. Evaluasi pemupukan nitrogen, fosfat dan kalium pada bawang putih di dataran rendah. Bull. Penel. Hort. 26(3):43-50.

63. **Suwandi**. 1993. Experience with hydroponic on vegetables production in Indonesia. Proc. Symposium on high value of vegetables production. University of Malaysia (UPM). Kuala Lumpur, Malaysia.
64. Nurmaiinda, T.A. Soetiarso, A. Hidayat dan **Suwandi**. 1994. Analisis biaya dan pendapatan usahatani cabai pada lahan bekas tanaman tebu. Bull. Penel. Hort. 26(3):61-66.
65. **Suwandi**. 1994. Hasil penelitian bawang merah dalam Pelita V. Prosiding RATEK Puslitbang Hortikultura. Segunung. hlm. 59-79.
66. **Suwandi** dan D. Fatchullah. 1994. Pengaruh langsung pupuk nitrogen pelepas lambat (SRN/CDU) pada tanaman kentang. J. Hort. 4(2):29-37.
67. Sumarni, N. dan **Suwandi**. 1994. Pengaruh residu pupuk N pelepas lambat (SRN/CDU) pada tanaman cabai. J. Hort. 4(1):1-9.
68. Soetiarso T.A., Nurmalinda, N. Sumarni dan **Suwandi**. 1994. Evaluasi usahatani cabai merah pada lahan kering di Rembang. Bull. Penel. Hort. 26(4):42-50.
69. Nurmalinda dan **Suwandi**. 1995. Potensi wilayah pengembangan bawang merah. Teknologi Produksi Bawang Merah. Puslitbang Hortikultura. Jakarta. hlm. 18-25.
70. **Suwandi**, Y. Hilman, dan T.A. Soetiarso. 1995. Efisiensi dalam penggunaan pupuk fosfat pada bawang putih di lahan marginal. Bull. Penel. Hort. 5(4):48-54.
71. **Suwandi**, A. Hidayat dan R. Roslilani. 1995. Kultur agregat dalam sistem hidroponik tanaman tomat. Bull. Penel. Hort. 27(2):28-37.

72. **Suwandi** dan A.A. Asandhi. 1995. Pola usahatani berbasis sayuran dengan berwawasan lingkungan untuk meningkatkan pendapatan petani. Pros. Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Lembang. hlm. 13-28.
73. **Suwandi** dan Y. Hilman, 1995. Budidaya tanaman bawang merah. Teknologi produksi bawang merah. Puslitbang Hortikultura. Jakarta. hlm. 51-56.
74. Nurmalinda, R. Rosliani dan **Suwandi**. 1995. Teknologi budidaya dan analisis usahatani produksi kacang karpi. Bull. Penel. Hort. 27(2):38-48.
75. Rosliani, R. dan **Suwandi**. 1995. Pengaruh sumber dan dosis pupuk fosfat terhadap serapan hara tanaman, pertumbuhan dan komponen hasil bawang merah di lahan sawah. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran Lembang. hlm. 173-181.
76. Rosliani, R., **Suwandi**, N. Sumarni dan T.A. Soetiarso. 1995. Verifikasi/evaluasi paket teknologi tumpangsari bawang merah dan cabai pada lahan bekas sawah. Prosiding Seminar Ilmiah Nasional Komoditas Sayuran. Lembang. hlm. 147-153.
77. Hilman, Y., **Suwandi** dan T.A. Soetiarso. 1995. Efisiensi dalam penggunaan pupuk fosfat pada bawang putih di lahan marginal. J. Hort. 5(4):48-54.
78. Hilman, Y. and **Suwandi**. 1995. Effect of phosphate source on some chemical properties of Typic Dystropept, plant uptake and hot pepper yield (*Capsicum annum var. longun*) cultivar Jatilaba. Bull. Penel. Hort. 27(2):49-61.
79. Hilman, Y., **Suwandi**, dan T. A. Soetiarso. 1995. Efisiensi dalam penggunaan pupuk fosfat pada bawang putih di lahan marginal. J. Hort. 5(4):4-54.

80. **Suwandi**, R. Rosliani dan T.A. Soetiaso. 1997. Perbaikan teknologi budidaya bawang merah di dataran medium. *J. Hort.* 7(1):541-549.
81. Rosliani R., N. Sumarni dan **Suwandi**. 1998. Pengaruh sumber dan dosis pupuk N, P dan K pada tanaman kentang. *Bull. Penel. Hort.* 8(1):988-999.
82. Rosliani, R., Nani Sumarni dan **Suwandi**. 1998. Pengaruh sumber dan dosis pupuk N, P, dan K pada tanaman kentang. *J. Hort.* 8(1):988-999.
83. Hilman, Y., **Suwandi**, dan R. Rosliani. 1999. Penggunaan pupuk TSP dan SP-36 pada tanaman bawang putih di dataran tinggi. *J. Hort.* 9(1):18-24.
84. Sumarni, N., R. Rosliani dan **Suwandi**. 2001. Pengaruh kerapatan tanaman dan jenis larutan hara terhadap produksi umbi mini bawang merah asal biji botani dalam kultur agregat hidroponik. *J. Hort.* 11(3):163-169.
85. Rosliani, R., N. Sumarni dan **Suwandi**. 2002. Pengaruh kerapatan tanaman, naungan, mulsa terhadap pertumbuhan dan produksi umbi bawang merah mini asal biji. *J. Hort.* 12(1):28-34.
86. Adnyana, M.O; **Suwandi**; dan K. Kariyasa. 1999. Farming system research in South Sumatera: Lesson learn and implication. *Proc. International Seminar: Learning from the Farming Systems Research Experiences in Indonesia.* JIRCAS, Japan 1999.
87. **Suwandi**, R. Rosliani; N. Sumarni dan W. Setiawati. 2003. Interaksi tanaman pada sistem tumpangsari tomat dan cabai di dataran tinggi. *J. Hort.* 13(4):244-250.

88. Sampeliling, S., **Suwandi**, I.P. Lestari, dan H. Wijayanti. 2004. Karakteristik debit air serta pengaruhnya terhadap produksi dan produktivitas usahatani padi sawah. Pros. Sem. Nasional. Inovasi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Rawa dan Pengendalian Pencemaran Lingkungan. Balitra-Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Banjar Baru, Kalsel.
89. **Suwandi** dan R. Rosliani. 2004. Pengaruh kompos, pupuk nitrogen dan kalium pada cabai yang ditanam tumpanggilir dengan bawang merah. J. Hort. 15(1):41-48.
90. Wijayanti, H. dan **Suwandi**. 2004. Agriculture extension in urban area of Jakarta. Proc. Training Workshop on ATT&T, Bandung, 18-22 Juli 2004. IAARD, Ministry of Agriculture, Indonesia.
91. **Suwandi**; B. Bakrie, dan D. Setiabudi. 2004. Rancangan model klinik agribisnis perkotaan DKI Jakarta. Pros. Sem. Nas. Klinik Teknologi Pertanian, Manado, 9-10 Juni 2004. Puslitbang Sosek Pertanian. Bogor.
92. Sostenis, S., I. Puji, H. Wijayanti dan **Suwandi**. 2004. Karakteristik debit air serta pengaruhnya terhadap produksi dan produktivitas usahatani padi sawah Pros. Sem. Nasional Inovasi Teknologi Pengelolaan Lahan Rawa & Pencemaran Lingkungan. Puslitbang Tanah & Agroklimat. Bogor. hal. 157-168.
93. **Suwandi**, Waryat, S. Aminah, dan B. Bakrie. 2005. Selektivitas inovasi teknologi pertanian untuk meningkatkan nilai tambah dan daya saing produk di Wilayah DKI Jakarta. Pros. Sem. Nas. Peranan Teknologi Pertanian dalam Meningkatkan Daya Saing Pasar dan Investasi Agribisnis. Batam, 5-6 September 2005. hal. 420-432.

94. Sumarni, N., E. Sumiati, dan **Suwandi**. 2005. Pengaruh kerapatan tanaman dan aplikasi zat pengatur tumbuh terhadap produksi umbi bibit bawang merah asal biji kultivar Bima. *J. Hort.* 15(3):208-214.
95. Rosliani, R., **Suwandi** dan N. Sumarni. 2005. Pengaruh waktu tanam dan zat pengatur tumbuh mepiquat klorida terhadap pembungaan dan pembijian bawang merah (TSS). *Jurnal Hort.* 15(3):192-198.
96. Bakrie, B., Suwandi, dan L. Simanjuntak. 2005. Prospek pemeliharaan terpadu Tiktok dengan padi, ikan dan Azolla di wilayah Provinsi DKI Jakarta. *Wartazoa* 15(3):128-136.
97. Bakrie, B., **Suwandi**, B. V. Lotulung, A. Saenab dan R. Indrasti. 2005. Prospek pengembangan usaha sapi potong dalam mendukung agribisnis perkotaan di wilayah DKI Jakarta. *Pros. Sem. Nas. Pengembangan Usaha Peternakan Berdaya Saing di Lahan Kering*.
98. Bakrie, B., **Suwandi**, dan B.V. Lotulung. 2005. Budidaya ayam buras lokal di wilayah perkotaan DKI Jakarta. *Pros. Lokakarya Nasional Inovasi Teknologi Pengembangan Ayam Lokal*. Semarang, 26 Agustus 2005. hal. 184-195.
99. Sampeliling, S. dan **Suwandi**. 2007. Arah pengembangan sumber daya lahan pertanian marginal berwawasan lingkungan di perkotaan. *Pros. Sem. Nasional. Palu Sulteng*, 24-25 Juli 2007. Balai Besar Pengkajian & Pengembangan Teknologi Pertanian, Bogor.
100. **Suwandi**. 2007. Peran dan arah pengembangan sektor pertanian perkotaan (Studi Kasus Wilayah DKI Jakarta). *Pros. Seminar Nasional Percepatan Inovasi Teknologi Pertanian Spesifik Lokasi Mendukung Kemandirian Masyarakat Kampung di Papua, Jayapura*, 5-6 Juni 2007.

101. **Suwandi**, D. Andayani, U. Sente, dan B. Bakrie. 2007. Pengembangan sistem pemeliharaan terpadu itik dengan padi sawah di wilayah DKI Jakarta. Pros. Sem. Nasional Hasil Penelitian Padi Menunjang P2BN (Buku 1). Balitpa, Sukamandi. hlm. 339-350.
102. Adnyana, M.O and Suwandi. 2006. Strategy, policy, and program of rice based farming system¹⁾ development at tidal swamp and flood prone land In indonesia. Paper presented at CURE Workshop on 6-9 March 2006, Dhaka, Bangladesh.
103. Bachtar, B., Suwandi and A. Saenab. 2008. Study on the use of quality protein maize (QPM) silage for dairy cattle in urban area of DK Jakarta. 10 th. Asian Regional Maize Workshop, Makasar, indonesia. 20-23 October 2008.

DAFTAR PUBLIKASI PEMASYARAKATAN TEKNOLOGI/DISEMINASI

1. **Suwandi**. 1986. Kultur agregat hidroponik pada tanaman tomat. Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
2. Nurmalinda dan **Suwandi**. 1995. Potensi wilayah pengembangan bawang merah. Teknologi Produksi Bawang Merah. Puslitbang Hortikultura. Jakarta. hlm. 18-25.
3. **Suwandi**. 1996. Teknologi usahatani sayuran dalam pengkajian SUTPA. Edisi Khusus Balikpapan No.8. hlm. 202-218.
4. **Suwandi**. 1996. Persebaran dan potensi wilayah pengembangan cabai merah. Teknologi Produksi Cabai Merah. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. hlm. 14-19.

5. Hilman, Y., A. Hidayat dan **Suwandi**. 1997. Budidaya bawang putih di dataran tinggi. Monograf No.7. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang.
6. **Suwandi**. 1998. Optimasi input produksi budidaya sayuran. Inovasi Teknologi Pertanian. Seperempat Abad Penelitian Pengembangan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
7. **Suwandi**. 2008. Integrasi tiktok dengan padi sawah di pinggiran kota Jakarta. Warta Litbang Pertanian.

EDITOR JURNAL PENELITIAN

1. Anggota Dewan Redaksi Buletin Penelitian Hortikultura, periode 1995-1999. Puslitbang Hortikultura. Jakarta.
2. Anggota Dewan Redaksi Penelitian Pertanian, Tahun 2001-2003. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. Badan Litbang Pertanian.

KEGIATAN LAIN/ORGANISASI PROFESI

A. Kegiatan Profesi

1. Anggota Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), sejak 1974 sampai sekarang.
2. Anggota Perhimpunan Agronomi Indonesia (PERAGI) sejak 1981 sampai sekarang.
3. Anggota PERHIMPI, tahun 1990 sampai sekarang.
4. Aktif membimbing kegiatan penelitian mahasiswa S1 Fakultas Pertanian UNPAD dan IPB, 1982-1994.

5. Anggota Tim Pengajar mata ajaran Ilmu Teknik Analisis Tanah dan Tanaman (PES-627) Semester Ganjil pada Fakultas Pasca Sarjana UNPAD sejak 1986 sampai sekarang.
6. Sebagai tim peneliti komoditas hortikultura (sayuran) pada Proyek SWAMPS II, Badan Litbang Pertanian, 1984-1998.
7. Sebagai tim peneliti komoditas sayuran datraran rendah pada proyek Kerjasama Puslitbang Hortikultura dengan AVRDC Taiwan, 1984-1986.
8. Counterpart Project ATA-395. *Research on Low-lands Vegetable Crops*. Kerjasama Indonesia - Belanda tahun 1986-1991.
9. Penanggung Jawab Kegiatan REL (*Research Extenssion Linkage*) di Provinsi Jawa Tengah, 1991-1993.
10. Sebagai anggota tim teknis Teknis Pembina BPTP/IP2TP, 1994-1998 (aktif).

B. Kunjungan Ke Luar Negeri

1. The Netherlands tahun 1984, dalam rangka mengikuti pelatihan *The 3rd International Course for Research on Agricuclure*, di Wageningen, the Netherlands, 1984 (6 bulan).
2. Sri Lanka tahun 1984, dalam rangka field study "*The 3rd ICRA course*", selama tiga bulan.
3. The Netherlands, dalam rangka studi banding "*Research management on experimental farm-station dan field management*", 1988 (3 minggu).
4. Malaysia, *Symposium on High Value of Vegetable Crops Production*. Univ. Malaysia, 1988 (1 minggu).

5. Philippines, *Work Shops on Research Extension Linkage*, Mindanao, 1995.
6. Beijing, China, *The 3rd UPOV Work Shops for Vegetable Crops*, 2001 (1 minggu).
7. Vietnam, *Scientific Exchange*, Research Management, 2003 (1 minggu).
8. The Netherlands, *The Course of Pacilitating Multi-Stakeholders*, 2006 (1 bulan).

RIWAYAT HIDUP



Suwandi, lahir di Tanjungsari Sumedang, Jawa Barat, pada 5 Juli 1954, anak kedua dari tujuh bersaudara dari pasangan Bapak H. Oyo Suwaya dan Ibu Hj. Rokayah. Menikah dengan Euis Nurhayati pada tahun 1978 dan saat ini telah dikaruniai tiga putra dan satu cucu.

Pendidikan yang ditempuh mulai Sekolah Dasar Negeri (SDN), lulus pada tahun 1966, Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) di Tanjungsari Sumedang, lulus pada tahun 1969, Sekolah Menengah Atas Negeri (SMAN) Sumedang, lulus pada tahun 1972. Pada tahun 1973 melanjutkan pendidikan ke Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor (IPB) pada jurusan Ilmu Tanah, lulus tahun 1977 dan pendidikan Pasca Sarjana juga dijalani IPB pada jurusan Ilmu Tanah sejak 1979 dan memperoleh gelar magister pada tahun 1981.

Mulai bekerja sebagai staf peneliti pada Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pertanian (LP3) di Bogor pada tahun 1977 dan pada tahun 1978-2000 pada Lembaga Penelitian Hortikultura di Lembang yang sekarang bernama Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa). Pada tahun 1998-2000 dipercaya sebagai Kepala Seksi Pelayanan Teknis di Balitsa. Pada tahun 2000-2003 ditugaskan sebagai Kepala Bidang Pelayanan Penelitian pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor, dan mulai tahun 2004 sampai sekarang ditugaskan sebagai Kepala Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) DKI Jakarta.

Pelatihan yang terkait dengan bidang keahlian dan tugas penelitian yang diikuti adalah *the 3rd International Course for Research on Agriculture*, di Wageningen – The Netherlands pada tahun 1984 dan *the Course of Facilitating Multi-Stakeholders* pada tahun 2006. Di dalam negeri, pelatihan yang diikuti umumnya dilaksanakan oleh Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, baik dalam rangka peningkatan kapabilitas peneliti maupun manajemen operasional di bidang penelitian dan pengembangan teknologi pertanian. Diklat PIM-III (SPAMA) diikuti pada tahun 1999.

Jabatan fungsional peneliti dimulai dari Ajun Peneliti Muda pada tahun 1988, Peneliti Muda tahun 1990, Ahli Peneliti Muda tahun 1994, Ahli Peneliti Madya tahun 1996. Diangkat dalam jabatan fungsional Ahli Peneliti Utama pada tahun 1998 dalam bidang budidaya tanaman melalui keputusan Presiden RI nomor. 183/M, tahun 1999 pada tanggal 1 September 1998. Sedangkan pangkat Pembina Utama (Golongan IV e) diberikan melalui keputusan Presiden RI nomor. 25/K, tahun 2006 pada tanggal 1 Oktober 2005.

Lebih dari 100 karya tulis ilmiah yang telah dipublikasikan, 80 persen di antaranya dalam jurnal penelitian dan prosiding seminar yang umumnya ditulis dalam Bahasa Indonesia dan beberapa di antaranya dalam Bahasa Inggris. Publikasi lainnya, sekitar 20 persen bersifat pemyarakatan teknologi kepada pengguna yang ditulis dalam bentuk monograf maupun majalah. Penghargaan yang diterima dari Presiden RI berupa Satya Lencana Karya Satya 10 dan 20 tahun.

ISBN: 978-602-8218-07-8

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian

Jl. Ragunan No. 29 Pasar Minggu, Jakarta Selatan 12540
www.litbang.deptan.go.id