



UJI TANAH SEBAGAI DASAR PENYUSUNAN REKOMENDASI PEMUPUKAN

Oleh: Diah Setyorini, J. Sri Adiningsih, dan Sri Rochayati



BALAI PENELITIAN TANAH
Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
2003



KATA PENGANTAR

Monograf Uji Tanah ini berisi himpunan hasil-hasil penelitian uji tanah sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemupukan yang telah dilaksanakan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat sejak tahun 1970. Dalam tulisan ini, hasil penelitian yang disampaikan sebagian besar merupakan penelitian uji tanah di lahan sawah yang selama ini mendapatkan prioritas utama untuk dikembangkan dibandingkan pertanian lahan kering. Selama dekade terakhir, upaya perbaikan rekomendasi pupuk untuk padi sawah diprioritaskan untuk menjawab temuan bahwasannya di lahan-lahan sawah intensifikasi di Pulau Jawa telah terjadi kejenuhan P dan K. Melalui teknik uji tanah, rekomendasi pupuk khususnya P dan K untuk tanaman padi disusun dengan memperhatikan status hara tanah serta kebutuhan hara tanaman. Takaran pemupukan yang ditetapkan berdasar uji tanah selama 2-3 tahun terakhir diyakini lebih efisien, rasional, berimbang dan di sisi lain tetap mempertahankan produktivitas tanah dan tanaman dibandingkan rekomendasi umum (*blanket recommendation*) yang selama ini diadopsi.

Pemupukan berimbang (*balanced fertilization*) merupakan program utama Departemen Pertanian dan *issue* penting untuk upaya pelestarian lingkungan, namun demikian program ini belum tersosialisasikan dengan baik. Pengertian, persepsi dan pemahaman tentang pemupukan berimbang masih sering keliru. Oleh karena itu di dalam tulisan ini pemahaman tentang pemupukan berimbang akan diluruskan sesuai kaedah ilmu pengetahuan yang benar.

Saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada semua pihak yang telah berupaya keras mengumpulkan bahan-bahan tulisan hingga penyusunan Monograf Sumber Daya Tanah Indonesia ini dapat terwujud. Semoga karya ini dapat dijadikan pedoman dan informasi berharga untuk peneliti, praktisi dan pengambil kebijakan di bidang pertanian dan pengembangan pertanian nasional pada umumnya dan khususnya di bidang pengelolaan kesuburan tanah. Kritik dan saran sangat diharapkan untuk kesempurnaan isi monograf ini.

Bogor, Desember 2003
Balai Penelitian Tanah
Kepala,

Dr. Fahmuddin Agus
NIP. 080.079.624

DAFTAR ISI

	Halaman	
KATA PENGANTAR	i	i
DAFTAR ISI	ii	
DAFTAR TABEL	iv	
DAFTAR GAMBAR	v	v
I. PENDAHULUAN	1	
II. UJI TANAH	3	
2.1. Sejarah perkembangan uji tanah	3	
2.2. Pengertian uji tanah	4	
2.3. Tujuan uji tanah	4	
2.4. Ruang lingkup uji tanah	5	
2.5. Tahap pengembangan uji tanah	7	
2.5.1. Survei karakterisasi tanah	8	
2.5.2. Penjajagan hara tanah	10	
2.5.3. Korelasi uji tanah	12	
2.5.4. Kalibrasi uji tanah	16	
2.5.4.1. Percobaan kalibrasi P dan K	17	
2.5.4.2. Pembagian kelas status hara tanah	21	
2.5.5. Penyusunan rekomendasi pemupukan	24	
III. HASIL PENELITIAN UJI TANAH	27	
3.1. Rekomendasi pupuk P dan K lahan sawah	27	
3.2. Peta status hara lahan sawah	28	
3.3. Paket program rekomendasi pupuk P dan K	29	
3.4. Penghematan pupuk P dan K dengan teknik uji tanah	32	
IV. UJI TANAH SEBAGAI DASAR PENERAPAN PEMUPUKAN BERIMBANG	34	
4.1. Dasar pemikiran	34	
4.2. Institusi dan program kerja	34	
4.2.1. Prasarana dan sarana kerja	36	
4.2.2. Operasionalisasi	36	
4.2.3. Monitoring dan evaluasi	37	
4.3. Implementasi penerapan pemupukan berimbang	37	
4.3.1. Organisasi	37	
4.3.2. Pelayanan uji tanah	38	

V. PELUANG DAN KENDALA PENERAPAN UJI TANAH DALAM PEMUPUKAN BERIMBANG	39
5.1. Peluang	39
5.2. Kendala	39
DAFTAR PUSTAKA	41

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.	Produksi jerami padi umur 8 MST pada percobaan penjajagan hara dengan metode <i>plus one test</i>	11
Tabel 2.	Produksi kedelai varietas Willis dari percobaan penjajagan hara dengan metode <i>minus one test</i> pada berbagai jenis tanah	12
Tabel 3.	Bentuk-bentuk ikatan unsur hara dan ketersediaannya	13
Tabel 4.	Perbandingan metode analisis P dengan beberapa pengekstrak	14
Tabel 5.	Perbandingan metode analisis K dengan beberapa pengekstrak	14
Tabel 6.	Hubungan antara serapan P tanaman dengan uji P (Bray-1)	15
Tabel 7.	Jenis pengekstrak terbaik untuk P dan K pada berbagai jenis tanah dan tanaman	16
Tabel 8.	Pengaruh status hara P buatan terhadap berat kering gabah pada tanah Inceptisols Binjai, Sumatera Utara dan Inceptisol Braja Mas, Lampung, MH 1998/1999	21
Tabel 9.	Pengaruh pembuatan status hara K pada berat kering gabah pada tanah Inceptisol Binjai, Sumatera Utara dan Inceptisol Braja Mas, Lampung, MH 1998/1999	21
Tabel 10.	Kelas ketersediaan hara untuk padi sawah dari beberapa lokasi percobaan	24
Tabel 11.	Persamaan kurva respon pemupukan P pada tanaman padi sawah berdasarkan lokasi	26
Tabel 12.	Pembagian kelas status hara P dan K tanah sawah ...	27
Tabel 13.	Rekomendasi pupuk SP-36 dan KCl untuk padi sawah pada kelas status hara P dan K tanah rendah, sedang, dan tinggi.	27
Tabel 14.	Luas lahan sawah pada berbagai status hara P berdasarkan peta skala 1:250.000 di 18 propinsi	29
Tabel 15.	Luas lahan sawah pada berbagai status hara K berdasarkan peta skala 1:250.000 di 18 propinsi	30
Tabel 16.	Penghematan pupuk SP-36 per tahun pada lahan sawah intensifikasi di 18 propinsi di Indonesia bila penggunaan pupuk fosfat berdasarkan uji tanah	32

Tabel 17. Penghematan pupuk kalium per tahun pada lahan sawah intensifikasi di 18 propinsi di Indonesia bila penggunaan pupuk kalium berdasarkan uji tanah	33
---	----

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Diagram alir penelitian pengembangan uji tanah untuk penyusunan rekomendasi pupuk	7
Gambar 2. Sistem pengambilan contoh tanah pada lahan datar	8
Gambar 3. Pengambilan contoh tanah komposit di lapangan	9
Gambar 4. Persiapan contoh tanah untuk analisis kimia	10
Gambar 5. Pemupukan P pada percobaan kalibrasi uji P	19
Gambar 6. Percobaan kalibrasi uji P untuk padi sawah	20
Gambar 7. Batas kritis P terekstrak Bray-2 untuk tanaman jagung pada Ultisols Jambi	23
Gambar 8. Kurva respons hipotetik untuk masing-masing kelas nilai uji tanah	25
Gambar 9. Peta status P tanah sawah skala 1:250.000	

I. PENDAHULUAN

Pupuk merupakan salah satu sarana produksi pertanian yang sangat penting disamping faktor-faktor produksi lainnya. Penggunaan pupuk di Indonesia mulai berkembang pesat sejak dicanangkannya program Bimbingan Massal oleh pemerintah sekitar tahun 60-an, yang bertujuan untuk meningkatkan produksi pertanian. Untuk memenuhi tujuan tersebut, diperkenalkan teknologi intensifikasi pertanian yang dikenal dengan istilah revolusi hijau yang memperkenalkan penggunaan varietas unggul, pemupukan, pengolahan tanah, irigasi, dan pencegahan hama dan penyakit. Kebutuhan pupuk makro tunggal seperti urea, TSP, KCI untuk tanaman pangan, terutama padi makin lama makin meningkat sejalan dengan program pemerintah untuk berswasembada pangan. Meningkatnya penggunaan pupuk anorganik untuk tanaman pangan khususnya padi sawah akhirnya menimbulkan ketergantungan petani pada pupuk kimia.

Takaran pemupukan untuk padi sawah yang ditetapkan pemerintah untuk mendukung program intensifikasi pertanian berlaku umum di semua wilayah. Sedangkan di sisi lain diketahui bahwa kesuburan tanah pertanian di Indonesia sangat bervariasi. Sebagai akibatnya, di beberapa wilayah khususnya daerah sentra produksi pertanian, produktivitas tanah dan tanaman mulai melandai sejak tercapainya swasembada pangan pada tahun 1984.

Indikasi atau gejala yang terlihat di lahan sawah adalah semakin menurunnya peningkatan produksi gabah (pelandaian produktivitas atau *levelling off*) meskipun jumlah pupuk yang diberikan semakin bertambah (Adiningsih, 1992). Hasil penelitian menunjukkan bahwa fenomena ini disebabkan antara lain oleh adanya ketidakseimbangan hara di dalam tanah. Pemupukan N, P, dan K secara terus-menerus dalam takaran tinggi diyakini telah menyebabkan ketidakseimbangan hara, menekan ketersediaan hara mikro seperti Cu dan Zn, serta menguras bahan organik tanah yang sangat berperan dalam aktivitas biologi tanah (Adiningsih *et al.*, 1989; Moersidi *et al.*, 1990; Rochayati *et al.*, 1990; Adiningsih, 1992; Puslittanak, 1992a). Hanson *et al.*, 1994 menilai bahwa gejala *levelling off* di lahan sawah intensifikasi tersebut diakibatkan oleh kejenuhan fosfat dalam tanah. Pemakaian pupuk TSP takaran tinggi dalam kurun waktu tiga dasa warsa terakhir telah menyebabkan tanah tidak sehat. Fosfat (P) yang diberikan berlebihan, akan tetap berada dalam tanah dalam bentuk tererap atau terfiksasi

dalam kompleks koloid tanah. Bentuk P yang terfiksasi koloid tanah ini lambat laun akan tersedia kembali bagi tanaman apabila kondisi lingkungan perakaran tanaman optimum untuk penyediaan P.

Hasil kalibrasi uji P dan K di lahan sawah intensifikasi di Jawa, Sumatera Barat, Kalimantan Selatan, Sulawesi Selatan, dan Lombok yang pada umumnya berstatus P dan K tinggi menunjukkan, bahwa tanaman padi sudah tidak respon terhadap pemupukan P dan K pada takaran rekomendasi umum (Setyorini *et al.*, 1995). Hal ini membuktikan bahwa tanah pada lahan sawah intensifikasi telah jenuh hara P dan K, sehingga pupuk yang ditambahkan tidak termanfaatkan oleh tanaman dan justru berpotensi menyebabkan polusi, pencemaran air sungai dan eutrofikasi.

Upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi hal ini adalah mengefisienkan penggunaan pupuk melalui perbaikan takaran rekomendasi pupuk N, P, K berdasarkan konsep pemupukan berimbang. Konsep pemupukan berimbang dilandasi tujuan untuk menentukan takaran pupuk berdasarkan tingkat kesuburan tanah serta kebutuhan hara tanaman. Oleh karena itu, pengertian yang salah mengenai konsep pemupukan berimbang harus diluruskan karena pemupukan berimbang bukan berarti pemberian pupuk lengkap N, P, K, Ca, Mg, dan Zn. Pada tanah-tanah yang sudah mempunyai kesuburan tinggi, cukup diberi pupuk takaran rendah atau bahkan tidak perlu dipupuk. Sebaliknya pada tanah yang kahat hara, harus dipupuk lebih banyak. Teknik penyusunan rekomendasi pemupukan berimbang tersebut dikenal dengan metode uji tanah (*soil testing*).

Melalui program pemupukan berimbang, diharapkan produktivitas tanah dan tanaman dapat dioptimalkan, pendapatan petani meningkat, pemupukan menjadi lebih efisien dan menguntungkan, serta menghindari pencemaran lingkungan. Oleh karena itu peranan uji tanah dan analisis tanaman sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemupukan berimbang sangat diperlukan untuk memperbaiki rekomendasi pupuk yang berlaku umum saat ini. Selain itu perlu diupayakan memenuhi prinsip enam tepat (tempat, jumlah, jenis, harga, waktu, dan cara pemupukan) agar produktivitas tanah dan tanaman dapat optimal.

Pendekatan uji tanah pada umumnya ditujukan untuk tanaman pangan, dan hortikultura sayuran berumur pendek (semusim) dan mempunyai sistem perakaran dangkal. Sedangkan untuk tanaman

buah atau perkebunan yang berumur panjang (tahunan) dan mempunyai perakaran dalam, penentuan rekomendasi pupuk yang umum digunakan adalah uji analisis tanaman (*plant analysis*). Analisis daun dapat mencerminkan kondisi status hara tanaman serta memberikan gambaran ketersediaan hara dalam tanah. Analisis daun mencerminkan apa yang dapat diserap tanaman dari dalam tanah dari awal pertumbuhan tanaman hingga saat pengambilan contoh daun.

Dalam tulisan ini, akan diuraikan manfaat dan kegunaan uji tanah sebagai dasar rekomendasi pupuk, tahapan pelaksanaan, sarana pendukung dan organisasi yang dibutuhkan untuk mengimplementasikan program ini di tingkat lapangan.

II. UJI TANAH

2.1. Sejarah perkembangan uji tanah

Uji tanah mulai berkembang sejak manusia tertarik untuk menjawab pertanyaan bagaimana tanaman tumbuh. Pencarian ilmu tentang "prinsip pertumbuhan tanaman" telah dimulai sejak lama dan hal ini memacu perkembangan ilmu kimia. Kajian Walsh and Beaton pada tahun 1973 menunjukkan bahwa pada tahun 1840 Liebig seorang ahli kimia tanah yang merupakan perintis dalam bidang *soil testing* (uji tanah). Seperti pada bidang-bidang pertanian lainnya, keberadaan program uji tanah menimbulkan pro dan kontra. Pada masa Liebig tahun 1840 sampai awal tahun 1920-an, kemajuan uji tanah sangat kecil, walaupun Dyer sekitar tahun 1894, Hilgard pada tahun 1911 demikian juga Burd pada tahun 1918, telah menyumbangkan kontribusi yang nyata untuk kimia tanah. Dimulai pada akhir tahun 1920-an hingga awal 1930 barulah perkembangan uji tanah tampak nyata dengan adanya kontribusi dari Bray tahun 1929, Hester tahun 1934, Morgan tahun 1932, Spurway tahun 1933, dan Truog tahun 1930 yang telah menemukan teknik analisis kimia tanah.

Sejak akhir tahun 1940-an uji tanah telah diterima secara luas sebagai alat yang penting untuk memformulasikan program pemupukan dan pengapuran. Pada awalnya *soil testing* dikembangkan untuk

mengevaluasi tingkat defisiensi hara dalam tanah. Namun saat ini, dengan meningkatnya perhatian akan kualitas lingkungan, uji tanah merupakan alat yang logis untuk mendeterminasi terjadinya kelebihan atau kekurangan hara dalam tanah (Walsh and Beaton, 1973).

Hingga saat ini teknik uji tanah telah digunakan dan berkembang di negara-negara bagian Amerika Serikat (seperti North Carolina, Iowa, Missouri, North Dakota, South Dakota, Nebraska, Texas, California, Kentucky, Minnesota, Montana, Oklahoma, Colorado, Alabama), Kanada, Inggris, Jerman, Australia, Jepang, Thailand, dan Philipina. Perkembangan uji tanah di Amerika Serikat mengalami beberapa hambatan, antara lain karena bervariasinya jenis tanah, sehingga harus dibuat beberapa jenis model rekomendasi sesuai jenis tanah di masing-masing Negara bagian. Sedangkan di India, perkembangan *soil testing* terkendala oleh kurangnya penelitian dasar di bidang uji tanah (*lacking of adequate background research*), kondisi sosial ekonomi pengguna dan faktor local (Walsh and Beaton, 1973; Peck and Soltanpour, 1990).

Keberhasilan atau kegagalan suatu program uji tanah sangat tergantung pada jumlah dan kualitas data yang tersedia untuk kalibrasi dan interpretasi hasil uji. Ketidaktepatan interpretasi nilai uji akan berdampak pada tidak tepatnya nilai rekomendasi yang diberikan sehingga mengurangi nilai pelayanan uji tanah (*soil testing service*) (Walsh and Beaton, 1973).

Di Indonesia, program uji tanah baru diperkenalkan pada tahun 1968 oleh Oetit Koswara dari Institut Pertanian Bogor dan disosialisasikan kepada universitas dan lembaga penelitian oleh tenaga ahli dari MUCIA yaitu J.T. Murdock, W. Kussow, dan R.B. Corey pada tahun 1971 (Leiwakabessy, 1995). Demikian pula Pusat Penelitian Tanah (Puslittan) telah merintis melakukan penelitian uji tanah seperti uji korelasi dan kalibrasi untuk komoditas tanaman pangan sejak tahun 1970. Namun demikian penelitian tersebut kurang berkesinambungan karena terbatasnya dana penelitian. Penelitian studi korelasi dan kalibrasi uji tanah baru giat dilaksanakan kembali sejak adanya Proyek *Agricultural Research and Management Project (ARMP) Phase-I* pada tahun 1990-1994 dan *ARMP Phase-II* pada tahun 1995-2000 pada agroekosistem lahan sawah dan sebagian kecil lahan kering. Untuk ekosistem rawa yang mencakup tanah gambut dan sulfat masam, sejauh ini penelitian masih parsial dan bersifat indikatif. Hasil penelusuran pustaka menunjukkan bahwa hanya Pusat Penelitian dan

Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak) dan Institut Pertanian Bogor yang melakukan penelitian dasar di bidang uji tanah.

Dimulai pada tahun 2001 hingga 2004 ini, Puslitbangtanak telah membina dan melaksanakan alih teknologi penelitian uji tanah khususnya kalibrasi uji tanah hara P dan K untuk tanaman jagung kepada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) di 10 propinsi. Tercatat BPTP Sumatera Utara, Jawa Barat, DI Yogyakarta, Jawa Tengah, Sulawesi Selatan, Sumatera Selatan, Kalimantan Barat, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Utara, dan Lampung telah melaksanakan percobaan kalibrasi P dan K untuk jagung. Diharapkan, masing-masing BPTP dapat berperan aktif dan mampu memberikan rekomendasi pupuk untuk berbagai komoditas di daerahnya.

2.2. Pengertian uji tanah

Secara umum uji tanah adalah suatu kegiatan analisis kimia di laboratorium yang sederhana, cepat, murah, tepat, dan dapat diulang (*reproduceable*) untuk menduga ketersediaan hara dalam tanah. Dalam arti yang luas, uji tanah menyangkut aspek-aspek interpretasi, evaluasi dan penyusunan rekomendasi pupuk dari hasil uji tanah serta pengambilan contoh tanah (Melsted and Peck, 1972). Dengan demikian program uji tanah dapat dirangkum dalam empat komponen pokok yaitu: (1) pengambilan contoh tanah; (2) analisis tanah; (3) interpretasi; dan (4) evaluasi dan rekomendasi.

2.3. Tujuan uji tanah

Secara umum uji tanah bertujuan untuk: (1) menetapkan status ketersediaan hara dalam tanah; (2) menunjukkan tingkat keseriusan defisiensi atau keracunan unsur suatu tanaman; (3) menyusun rekomendasi pemupukan; dan (4) menilai harkat hara tanah untuk memantau pencemaran lingkungan akibat pemupukan berlebihan atau pencemaran limbah (Melsted and Peck, 1972).

Apabila suatu lahan pertanian yang akan ditanami tanaman tertentu akan dimintakan rekomendasi pupuknya, maka langkah yang dilakukan adalah: (1) mengambil contoh tanah yang mewakili daerah bersangkutan; (2) analisis kadar haranya di laboratorium; (3) interpretasi data; dan (4) penentuan rekomendasi pupuk.

2.4. Ruang lingkup uji tanah

Tanaman membutuhkan 19 unsur hara esensial untuk pertumbuhannya yang digolongkan menjadi unsur makro, sekunder, dan mikro. Tiga diantaranya yaitu unsur makro N, P, dan K pada umumnya menjadi faktor pembatas dalam tanah. Sedangkan kahat unsur sekunder dan mikro seperti Ca, Mg, S, Zn, Fe, Cl, Si, Mo, dan B pada umumnya hanya terjadi pada tanah-tanah tertentu saja. Oleh karena itu, uji tanah pada umumnya hanya mencakup unsur N, P, K dan pH (kemasaman tanah), sedangkan untuk unsur sekunder dan mikro hanya bersifat khusus di suatu wilayah tertentu.

Defisiensi nitrogen (N) pada tanaman lebih sering dijumpai daripada unsur lainnya. Namun demikian, uji hara N sulit dilakukan dan kurang berkembang dibandingkan uji P dan K. Indikator yang saat ini digunakan adalah dengan mengukur N-NO₃ dan N-NH₄ yang tersisa dalam tanah. Sekitar 97-99% N di dalam tanah berada dalam bentuk senyawa N-organik yang ketersediaannya relatif lambat, karena tergantung pada tingkat dekomposisi mikroorganisme. Kendala pengembangan uji N antara lain: (1) tingkat atau laju dekomposisi bahan organik oleh mikroba sangat tergantung pada suhu, kelembapan, aerasi, jenis bahan organik, dan pH; (2) bentuk N-anorganik dalam tanah merupakan hasil dari proses pencucian, fiksasi, denitrifikasi, dan lainnya. Kondisi tersebut mempersulit pendugaan tentang kapan dan berapa jumlah N yang dapat tersedia (Dahnke and Johnson, 1990).

Uji hara fosfat (P) telah banyak dan terus dikembangkan, dengan tujuan: (1) menentukan jumlah P yang dibutuhkan tanaman dan (2) memonitor jumlah P-tersedia di dalam tanah secara periodik, karena P dalam tanah terdapat dalam semua bentuk *pool*/reaksi kimia. Jumlah P-tanah yang tersedia bagi tanaman sangat bervariasi tergantung karakteristik akar tanaman serta kondisi lingkungan yang mempengaruhi parameter ketersediaan P tanah dan tanaman (Fixen and Grove, 1990). Khusus untuk tujuan uji tanah, maka hanya bentuk-bentuk P-labil yang diperhitungkan untuk menggambarkan ketersediaan P dalam tanah.

Kalium (K) banyak terakumulasi pada bagian atas tanaman rumput pakan ternak, biji-bijian, minyak, buah, dan sayuran dalam kisaran 40-50 kg K/ha hingga 500 kg K/ha pada alfalfa, nanas, dan rumput gajah, bahkan pada tanaman pisang kandungan K dapat

mencapai 1.400 kg/ha. Kalium dalam tanah terdapat dalam bentuk terlarut, dapat dipertukarkan, terfiksasi dan terjerap dalam mineral liat (Haby *et al.*, 1990). Untuk tujuan uji tanah, bentuk K yang diukur sebagai indeks ketersediaan adalah K dalam larutan dan dapat dipertukarkan.

Kandungan kalsium (Ca) dalam tanaman hanya sekitar setengah kadar K. Kadar Ca dalam tanaman sangat jarang dijumpai. Tanah netral dan alkalin pada umumnya berkadar Ca cukup tinggi, sedangkan pada tanah masam selalu ditambahkan kapur untuk meningkatkan pH tanah.

Kandungan magnesium (Mg) dalam tanaman kurang dari setengah kadar Ca tanaman. Gejala kekurangan Mg dilaporkan semakin meningkat saat ini. Kekurangan Mg pada rumput pakan ternak menyebabkan ternak mengalami *hypomagnesaemia* atau *grass tetany* (Haby *et al.*, 1990). Tanah-tanah bertekstur pasir yang beririgasi di Amerika Utara dilaporkan sangat respon terhadap pemupukan K, Ca, dan Mg. Pengekstrak amonium asetat dan Mehlich III sering digunakan untuk uji K, Ca, dan Mg.

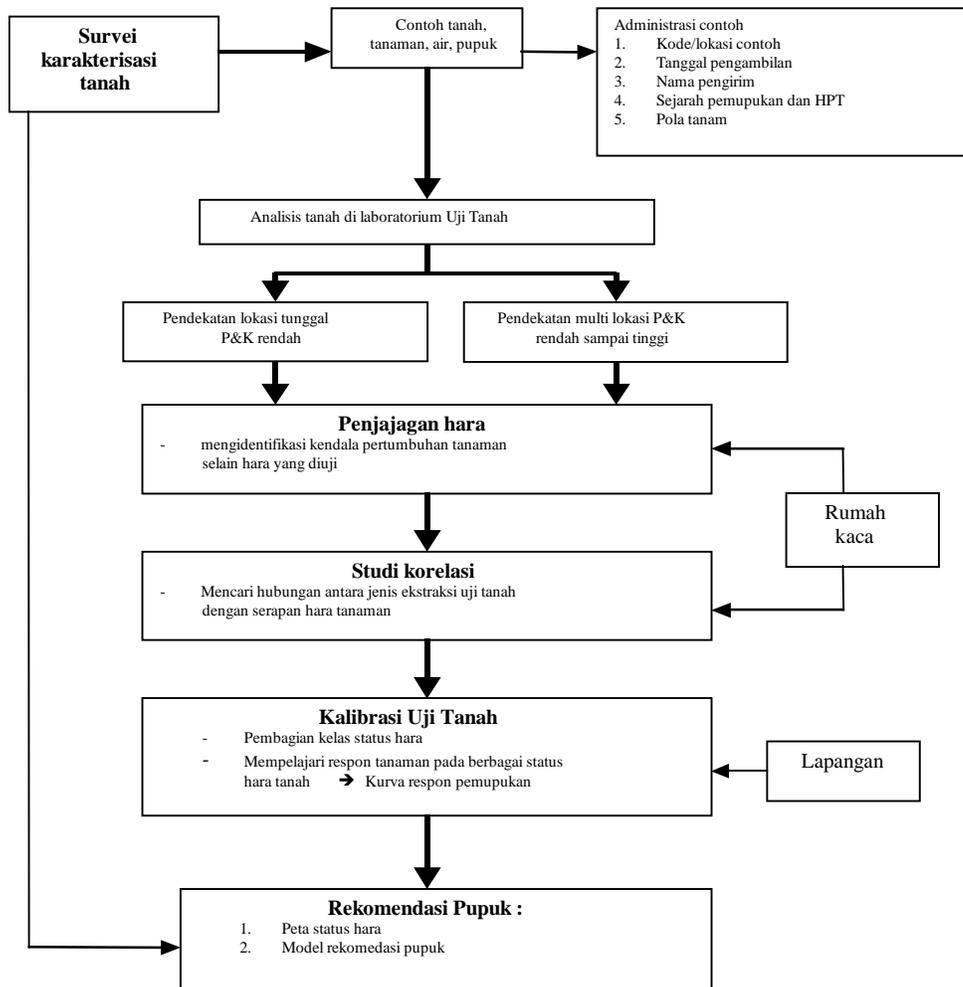
Uji hara mikro seperti Cu, Fe, Mn, dan Zn baru berkembang sekitar tahun 1930 ketika banyak ditemukan gejala defisiensi unsur-unsur tersebut (Martens and Lindsay, 1990). Bentuk unsur yang diukur adalah bentuk *pool* labil dalam tanah. Pengukuran bentuk-bentuk ini cukup rumit karena masing-masing unsur mempunyai bentuk kation yang berbeda: (1) bebas dan ion kompleks dalam larutan tanah; (2) terjerap spesifik dan nonspesifik; (3) terselubung (*occluded*) dalam hidooksida dan karbonat; (4) residu biologis dan organisme; (5) dalam lempeng struktur mineral primer dan sekunder; dan (6) mengendap (Lindsay, 1970 *dalam* Martens and Lindsay, 1990). Pengekstrak yang sering digunakan adalah Dicitilun Triamin Penta Acetic Acid (DTPA)- Tri Etenol Amin (TEA).

Logam berat seperti Cd, Cr, Hg, Ni, dan Pb berada di tanah dalam berbagai bentuk dan karakteristik. Kation tersebut masuk dan meracuni tubuh manusia, hewan, dan tumbuhan melalui rantai makanan. Indikator yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat keseriusan kandungan logam berat ini didasarkan pada tingkat ketersediaannya dalam tanah (Risser and Baker, 1990). Karena kadar logam tersebut di dalam tanah umumnya rendah, maka cara pengambilan contoh tanah harus lebih teliti. Pengekstrak yang sering

digunakan untuk mengukur kadar logam berat dalam tanah adalah analisis total, *double acid* (Mehlich I), EDTA, dan DTPA.

2.5. Tahap pengembangan uji tanah

Untuk menyusun rekomendasi pupuk berdasar uji tanah diperlukan suatu penelitian jangka panjang yang dinamakan penelitian pembinaan uji tanah (Widjaja-Adhi, 1985). Dari rangkaian penelitian ini akan dihasilkan suatu kriteria penilaian kuantitatif untuk menjawab keempat tujuan di atas. Penelitian pembinaan uji tanah terdiri atas lima tahap kegiatan yaitu: (1) survei karakterisasi tanah; (2) penjajagan hara tanah; (3) korelasi uji tanah; (4) penelitian kalibrasi uji tanah; dan (5) penyusunan rekomendasi pemupukan.

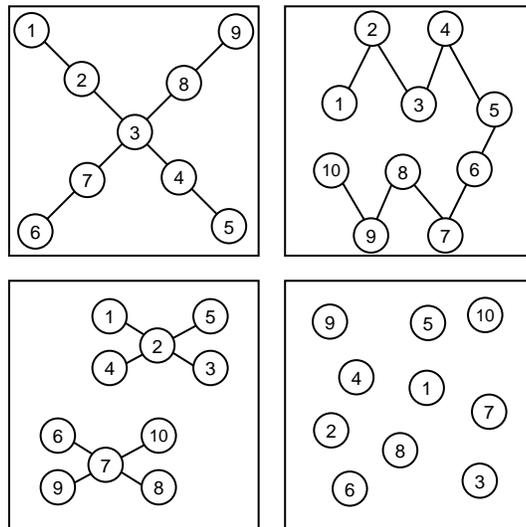


Gambar 1. Diagram alir penelitian pengembangan uji tanah untuk penyusunan rekomendasi pupuk

2.5.1. Survei karakterisasi tanah

Kegiatan ini ditujukan untuk menentukan lokasi percobaan kalibrasi uji tanah serta untuk mengetahui sebaran status hara tanah di suatu wilayah. Kegiatan dilaksanakan dengan cara mengambil contoh tanah komposit di wilayah survei yang telah dibatasi sesuai dengan tujuan, misalnya lahan sawah intensifikasi, lahan sawah non-intensifikasi, atau lahan kering tadah hujan. Sumber informasi yang dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan karakteristik wilayah yang akan disurvei serta untuk penentuan titik-titik pengambilan contoh tanah komposit adalah peta tanah, peta status hara tanah, dan peta penggunaan lahan.

Selanjutnya, pada wilayah terpilih dilakukan pengambilan contoh tanah komposit pada titik-titik tertentu dengan mempertimbangkan variasi jenis tanah, bahan induk, topografi, iklim, dan penggunaan lahan (Gambar 2). Contoh tanah komposit yang diambil merupakan campuran dari contoh tanah individu yang mewakili kriteria contoh di atas yang diambil dari lapisan olah tanah pada kedalaman 0-20 cm (Gambar 3). Pengambilan contoh tanah komposit ini merupakan tahapan kritis, karena harus benar-benar mewakili areal yang akan diteliti. Contoh tanah ini harus segera dikirimkan ke laboratorium uji tanah untuk dianalisis.



Gambar 2. Sistem pengambilan contoh tanah pada lahan datar



Gambar 3. Pengambilan contoh tanah komposit di lapangan

Contoh tanah komposit selanjutnya dianalisis di laboratorium tanah untuk penetapan sifat kimia tanah awal yaitu: pH (H_2O dan HCl), retensi P, kandungan P potensial (HCl 25%), P-tersedia (Bray-1 atau Olsen), K potensial (HCl 25%), dan K yang dapat dipertukarkan (K_{dd}) dengan NH_4OAc 1 N pH 7 (Gambar 4). Pemilihan jenis ekstraksi yang digunakan untuk analisis kandungan hara tersedia pada tahap awal didasarkan pada kemasaman tanah. Penentuan kadar P-tersedia untuk tanah masam digunakan pengekstrak P-Bray 1, sedangkan untuk tanah netral hingga alkalin digunakan pengekstrak Olsen.

Berdasarkan hasil analisis kimia tanah, dilakukan seleksi pemilihan lokasi untuk percobaan kalibrasi uji P dan K di lapangan. Lokasi percobaan kalibrasi P dan K untuk pendekatan lokasi tunggal ditetapkan berdasarkan kriteria kadar P dan K tanah terekstrak HCl 25% *sangat rendah* atau *rendah*. Sedangkan untuk pendekatan multilokasi,

kriteria kadar P dan K tanah yang dipilih adalah yang bervariasi dari rendah hingga tinggi pada jenis tanah dalam ordo yang sama.

Pada lokasi terpilih baik dengan pendekatan lokasi tunggal maupun multilokasi, selanjutnya dilakukan deskripsi profil tanah untuk menentukan karakteristik dan klasifikasi tanahnya. Penentuan klasifikasi tanah sangat diperlukan sebagai salah satu kriteria untuk memberi batasan (delineasi) areal rekomendasi pupuk. Di tempat yang sama, diambil contoh tanah '*bulk*' untuk percobaan penjajagan hara dan studi korelasi di rumah kaca.



Gambar 4. Persiapan contoh tanah untuk analisis kimia

2.5.2. Penjajagan hara tanah

Kegiatan penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi tingkat ketersediaan hara di suatu jenis tanah dengan tanaman indikator tertentu. Berdasarkan penelitian ini dapat diketahui hara tanah yang menjadi kendala pertumbuhan tanaman tertentu. Dengan diketahuinya faktor pembatas pertumbuhan tanaman (selain P dan K), maka pada percobaan korelasi dan kalibrasi kendala hara tersebut akan dikoreksi atau dipenuhi agar respon tanaman yang muncul benar-benar berasal dari perlakuan hara yang diuji, yaitu hara P dan K. Tanaman indikator yang digunakan sesuai dengan yang akan dimintakan rekomendasi pupuknya.

Penjajagan hara dilaksanakan di rumah kaca dengan menggunakan contoh tanah "*bulk*" dari lokasi terpilih dari kegiatan Tahap 1. Metode yang digunakan untuk mengetahui pembatas hara

bagi pertumbuhan tanaman adalah *minus one test* atau *plus one test*. Metode *minus one test* diterapkan untuk tanah-tanah dengan tingkat kesuburan rendah sampai sedang, karena tanah tersebut diduga mengalami beberapa kahat hara sehingga perlu diuji dengan perlakuan pemupukan lengkap terlebih dahulu. Metode *plus one test* ditujukan untuk tanah dengan tingkat kesuburan sedang sampai tinggi, karena tanah tersebut diduga cukup hara sehingga hanya perlu diuji hara pembatas utamanya dengan penambahan satu unsur hara. Kriteria kesuburan rendah, sedang, dan tinggi mengacu pada kriteria yang dibuat Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1985).

Hasil penelitian penjajagan hara dengan metode *plus one test* pada tanah sawah Ultisols dari Bandar Abung-Lampung dan Ultisols dari Tapin-Kalimantan Selatan dengan tanaman indikator padi sawah menunjukkan, bahwa penambahan pupuk anorganik N, P, dan K meningkatkan produksi jerami/biomassa secara nyata (Tabel 1). Dapat dikatakan bahwa tanah ini sangat memerlukan penambahan pupuk makro N, P, dan K. Hara makro lainnya seperti S, Ca, dan Mg masih cukup, karena dengan ditambahkannya S, Ca, dan Mg tidak meningkatkan produksi secara nyata. Pada Ultisols dari Bandar Abung-Lampung pemberian jerami dapat mensubstitusi K, karena dengan ditambahkannya jerami produksi jerami meningkat secara nyata walaupun lebih rendah dari perlakuan NPK.

Tabel 1. Produksi jerami padi umur 8 minggu setelah tanam (MST) pada percobaan penjajagan hara dengan metode *plus one test* pada tanah Ultisols dari Bandar Abung-Lampung dan Tapin, Kalimantan Selatan

Perlakuan	Ultisols dari Bandar	Ultisols dari Tapin
	Abung-Lampung	Kalimantan Selatan
	g/pot	
Kontrol	3,34 a*	0,75 a
N	3,89 ab	0,38 a
NK	5,65 b	0,41 a
NP	4,88 ab	1,30 a
NP+jerami	10,22 c	3,22 a
NPK	17,11 d	7,19 b
NPKS	16,37 d	8,78 b
NPKCa	16,08 d	8,81 b
NPKMg	15,32 d	7,46 b
NPK+pukan	15,34 d	6,57 c

* Angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Sumber: Widowati *et al.*, 1997.

Hasil penelitian serupa dengan metode *minus one test* pada Inceptisols dari Jalupang dan Hamerang-Jawa Barat serta Vertisols dari Madiun-Jawa Timur yang ditanami kedelai menunjukkan, bahwa tanah-tanah tersebut mengalami defisiensi P. Pada tanah Ultisols dari Deli Serdang dan Panggung Sumatera Utara selain mengalami defisiensi P juga Ca. Namun demikian Ultisols dari Sari Lembang-Sumatera Utara tidak menunjukkan adanya defisiensi hara secara khusus (Widowati dan Nursyamsi, 2002) (Tabel 2).

Berdasarkan hasil penelitian peninjauan hara di atas, maka pada rangkaian percobaan berikutnya yaitu studi korelasi dan kalibrasi lapangan (tahap 3 dan 4) unsur hara yang menjadi pembatas pertumbuhan padi dan kedelai tersebut harus dicukupi (ditambahkan), sehingga respon pemupukan yang muncul hanya berasal dari hara yang diuji.

Tabel 2. Produksi kedelai varietas Willis dari percobaan peninjauan hara dengan metode *minus one test* pada berbagai jenis tanah

Perlakuan	Inceptisols dari Jalupang-Subang	Inceptisols dari Hamerang-Subang	Vertisols dari Madiun	Ultisols dari Deli Serdang Sumut	Ultisols dari Sari Lembang Sumut	Ultisols dari Panggung Sumut
	g/pot					
Kontrol	1,67bc*	0,74f	1,43d	1,01e	1,80d	1,84d
Lengkap+B	2,41a	1,88bc	3,07ab	1,41cd	2,64ab	2,26abcd
O	2,26a	1,62cd	2,77ab	1,39cd	2,58b	2,14bcd
Lengkap	2,45a	1,50d	2,72ab	1,11de	2,92a	2,09bcd
-N	1,40c	1,09e	1,69cd	1,11de	2,20c	1,90cd
-P	2,47a	1,54d	2,24bcd	1,36cde	2,89a	2,20bcd
-K	2,08ab	1,45d	2,72ab	1,32cde	2,22c	1,87d
-Ca	2,43a	1,98ab	3,11a	1,52abc	2,78ab	2,76a
-Mg	2,42a	1,97ab	3,07ab	1,84ab	2,76ab	2,55ab
-S	2,45a	2,18ab	2,75ab	1,87a	2,55b	2,40abc
-Zn	2,46a	2,24a	2,52abc	1,50bc	2,74ab	2,18bcd
-Cu						
LSD	0,483	0,322	0,834	0,365	0,310	0,532

* Angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Sumber: Widowati dan Nursyamsi, 2002

2.5.3. Korelasi uji tanah

Tahapan studi korelasi adalah suatu kegiatan penelitian uji tanah yang bertujuan untuk menentukan atau menyeleksi jenis pengestrak terbaik, guna mengukur jumlah suatu unsur yang tersedia bagi tanaman dan tanah tertentu (Dahnke and Olson, 1990). Berbeda dengan analisis kimia total yang biasanya memakai asam keras, sebaliknya uji tanah menggunakan larutan ekstraksi yang sifatnya selektif. Artinya, pelarut tersebut hanya mengekstrak bentuk unsur-unsur tertentu dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Unsur-unsur dalam bentuk ini umumnya berupa ion dalam larutan yang tidak terikat (bebas), terikat lemah dan yang imobil tetapi mudah dilepaskan. Tabel 3 menyajikan bentuk-bentuk unsur dalam hubungannya dengan ketersediaannya bagi tanaman berdasarkan kekuatan ikatan atau mobilitasnya.

Larutan ekstraksi yang tepat untuk mengukur bentuk tersedia ditentukan melalui uji korelasi antara jumlah unsur yang terekstrak dengan jumlah yang diserap tanaman berdasarkan besarnya nilai koefisien korelasi atau r . Hara yang terekstrak dengan metode terpilih merupakan bentuk yang tersedia bagi tanaman (Corey, 1987). Glossary of Soil Science Terms *dalam* Corey (1987) mendefinisikan hara tersedia adalah "unsur hara dalam bentuk ion maupun senyawa yang dapat diserap dan digunakan untuk pertumbuhan tanaman".

Tabel 3. Bentuk-bentuk ikatan unsur hara dan ketersediaannya

No	Bentuk ikatan	Ketersediaan	Metode analisis
1.	Tidak terikat dalam larutan	Sangat mudah	Unsur larut dalam air
2.	Ikatan lemah pada kompleks jerapan	Mudah	Unsur yang dapat dipertukarkan, termasuk yang larut air
3.	Tidak bergerak (imobil), tetapi mudah dilepaskan	Sedang	Unsur yang mudah dilepaskan
4.	Imobil dan sukar untuk dilepaskan	Tidak tersedia	Kadar total hara

Sumber: Fink, 1982

Pemilihan metode ekstraksi terbaik dalam suatu sistem tanah dan tanaman mencakup jenis larutan ekstraksi, rasio larutan dan tanah, lama pengocokan dan waktu inkubasi serta kecepatan pengocokan. Parameter beberapa pengeksrak uji P dan K disajikan pada Tabel 4 dan 5. Hasil uji ini selanjutnya diberi nilai agronomis melalui uji kalibrasi dengan respon tanaman di lapangan.

Tabel 4. Perbandingan metode analisis P dengan beberapa pengeksrak

Parameter	Pengeksrak P			
	HCl 25%	Olsen	Bray 1	Truog
Lingkup penerapan	Semua tanah	Tanah alkalin atau berkapur	Tanah masam, CEC rendah	Tanah masam dan netral
Berat contoh (g)	10	2,5	2	1
Volume pengeksrak	25	50	20	200
Larutan pengeksrak	HCl 25%	0,5 M NaHCO ₃ pH 8,5	0,3 N NH ₄ F dlm 0,025 N HCl	0,02 N H ₂ SO ₄
Waktu pengocokan (menit)	300	30	5	30
Kecepatan (rpm)	180	180	180	180
Gerakan kocok	bolak-balik	bolak-balik	bolak-balik	bolak-balik
Metode penetapan fosfat dalam ekstrak	biru molybdenum	biru molybdenum	biru molybdenum	biru molybdenum

Sumber: The Council on Soil Testing and Plant Analysis, 1974

Tabel 5. Perbandingan metode analisis K dengan beberapa pengeksrak

Parameter	Pengeksrak K		
	Mehlich I (<i>double acid</i>)	1N NH ₄ OAc pH 7,0	Morgan
Lingkup penerapan	Tanah masam, berpasir rendah KTK	Bervariasi	Bervariasi
Ukuran contoh (cm ³)	5	5	5
Volume pengeksrak(ml)	25	25	25
Larutan pengeksrak	0,05N HCl dalam 0,025 N H ₂ SO ₄	1 N NH ₄ OAc pH 7,0	1 N NaOAc pH 4,8
Waktu kocok (menit)	5	5	30
Kecepatan (rpm)	180	180	180

Gerakan pengocokan	bolak-balik	bolak-balik	bolak-balik
Metode penetapan K	<i>flame emission spectroscopy</i>	<i>flame emission spectroscopy</i>	<i>flame emission spectroscopy</i>
Selang K dalam tanah tanpa pengenceran (kg K/ha)	50-500	50-1.000	50-1.000
Kepekatan (kg/ha)	5	5	5

Sumber: The Council on Soil Testing and Plant Analysis, 1974

Respon tanaman terhadap ketersediaan hara berbeda-beda antar-jenis dan varietas karena perbedaan faktor genetik yang menentukan potensi fisiologis dan metabolis. Ketersediaan hara di dalam tanah berubah sesuai tingkat pengelolaan, sifat tanah, iklim, serta jenis tanaman. Dengan demikian kriteria uji tanah tidak berlaku universal, tetapi spesifik sesuai kondisi tanaman, pengelolaan, sifat tanah, dan iklim.

Penelitian korelasi uji tanah dilakukan di rumah kaca. Hasil analisis dengan berbagai larutan ekstraksi dalam berbagai perbandingan dengan tanah dan waktu pengocokan selanjutnya akan dikorelasikan dengan jumlah hara yang diserap tanaman. Dengan demikian dapat diketahui apakah terdapat hubungan antara apa yang dianalisis di laboratorium dengan apa yang diserap tanaman. Penilaian hubungan didasarkan pada perhitungan statistik nilai koefisien korelasi atau r .

Metode ekstraksi uji tanah yang mempunyai korelasi tinggi dengan serapan hara tanaman dikategorikan sebagai metode pengestrak terbaik untuk tanah tersebut. Kriteria pengestrak terbaik mengacu pada: (1) sederhana dan mudah pengerjaannya serta tidak menggunakan banyak alat yang rumit dan mahal; (2) menggunakan bahan kimia yang tidak berbahaya dan murah; (3) waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan singkat; dan (4) jika dilakukan pengulangan memberikan akurasi ketelitian dan kestabilan pengukuran tinggi (Melsted and Peck, 1972). Namun kini kriteria tersebut bertambah, yaitu: (1) pengestrak tersebut harus bersifat universal (dapat mengestrak beberapa unsur sekaligus); (2) berlaku untuk semua jenis tanah; serta (3) dapat mengontrol sensitivitas ketersediaan hara untuk tanaman (Skogley, 1994). Ketiga kriteria terakhir ini cukup sulit dilakukan apabila keragaman jenis tanaman dan tanah tinggi.

Pendekatan untuk menguji metode ekstraksi terbaik seperti cara di atas kurang baik bila contoh tanah yang digunakan sangat bervariasi sifatnya, karena koefisien korelasi akan rendah. Untuk mengatasi hal ini, contoh-contoh tanah tersebut harus dikelompokkan

berdasarkan sifat tanah yang sama, kemudian dilakukan uji korelasi kembali untuk setiap kelompok. Sebagai contoh telah dilakukan pengujian 155 contoh tanah yang mempunyai tekstur tanah bervariasi dengan uji P-Bray 1. Hasilnya menunjukkan, apabila semua contoh tanah digabung menjadi satu, maka nilai koefisien korelasi, $r=0,75$ namun apabila dikelompokkan berdasar tekstur tanah, ternyata nilai r meningkat menjadi 0,90; 0,91; dan 0,94 (Tabel 6).

Secara agregat disampaikan hasil penelitian korelasi uji P dan K yang telah dilakukan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat (Puslitbangtanak) pada berbagai komoditas tanaman pangan selama sekitar 25 tahun terakhir (Tabel 7). Pengekstrak HCl 25%, Olsen dan Bray-1 dapat digunakan untuk menggambarkan status P dalam tanah mempunyai korelasi yang baik dengan respon tanaman padi. Sedangkan untuk tanaman jagung, pengekstrak Bray-1 dan Olsen yang terbaik. Pada umumnya pengekstrak masam seperti Bray-1 digunakan pada tanah masam, sedangkan pengekstrak yang mengandung bikarbonat seperti Olsen untuk tanah-tanah alkalin. Namun demikian, ditemukan pula bahwa pengekstrak Olsen juga berkorelasi baik pada tanah masam.

Tabel 6. Hubungan antara serapan P tanaman dengan uji P (Bray-1)

No	Kelompok tanah	Jumlah contoh	R ²	Persamaan regresi
1.	Semua contoh	155	0,75	$Y = 22 + 0,26X$
2.	Pasir	15	0,90	$Y = 22 + 0,16X$
3.	Lempung berdebu alkali	29	0,94	$Y = 19 + 0,41X$
4.	Lempung berdebu	39	0,91	$Y = 18 + 0,44X$
5.	masam (Selatan)			
	Lempung berdebu masam (Utara)	32	0,90	$Y = 22 + 0,22X$

Y = serapan P tanaman; X = kadar P-Bray 1 tanah; R²=koefisien determinasi dari persamaan regresi
Sumber: Corey, 1964 dalam Leiwakabessy, 1995.

Di Amerika Serikat, pengekstrak Bray-1, Mehlich I, Olsen, dan Mehlich III banyak digunakan untuk penetapan takaran pupuk P berdasarkan uji tanah (Fixen and Grove, 1990). Sedangkan untuk kalium, sejak 50 tahun terakhir tetap digunakan pengekstrak 1,0 M amonium asetat pH 7,0 untuk mengukur K dapat ditukar. Namun demikian tetap diupayakan untuk mencari jenis pengekstrak lain yang lebih sederhana untuk penetapan K dapat ditukar, misalnya Mehlich I yang disebut juga *universal extractant* karena dapat digunakan untuk

mengukur unsur-unsur lain seperti P, K, Ca, Mg, Na, Mn, dan Zn (Mehlich, 1953 dalam Haby *et al.*, 1990).

Tabel 7. Jenis pengekstrak terbaik untuk P dan K pada berbagai jenis tanah dan tanaman hasil penelitian Puslitbangtanak seperti dikutip oleh Sofyan *et al.* (2003) dari berbagai sumber

<i>Har a</i>	<i>Tanaman</i>	<i>Tanah</i>	<i>Pengekstrak terbaik</i>	
<i>P</i>	<i>Jagung</i>	Ultisols dari Lampung	Bray-1, Olsen,	
		Ultisols dari Banten	Bray-1, Olsen	
		Ultisols dari Sumatera Utara	Bary-1, Olsen	
		Oxisols dari Sultera	Bray-1, HCl 25%	
		Inceptisols dari Sukabumi	Bray-1, Colwell	
		Oxisols dari Kalsel	Mehlich	
		<i>Padi sawah</i>	Vertisols dari Ngawi	Olsen
			Inceptisols dari Jawa	HCl 25%
			Inceptisols dari Sulsel	HCl 25%, Olsen
			Inceptisols dari Bali Lombok	Mehlich
			Ultisols dari Lampung	Olsen
			Ultisols dari Sumatera Utara,	Bray-1, Mehlich Bray-1, Olsen
		<i>Padi gogo</i>	Inceptisols dari Sumatera Utara dan Lampung	Bray-1, Olsen
	Entisol			
	Ultisols dari Lampung		Mod.Truog, Bray 2	
	<i>Kedelai</i>	Ultisols dari Lampung	Mod Truog	
		Ultisols dari Sumatera Utara	Bray-1, Bray-2 Mod. Olsen	
	<i>K</i>	<i>Kentang</i>	Hydric Dystrandept	Bray-1
			<i>Padi sawah</i>	Inceptisols dari Jawa
Inceptisols dari Sulsel				
Inceptisols dari Sukabumi		pH 7, HCl 25%		
<i>Jagung</i>		Inceptisols dari Sukabumi dan Oxisols dari Pelaihari		Mehlich, NH ₄ OAc pH 7,

2.5.4. Kalibrasi uji tanah

Tahapan penelitian kalibrasi merupakan kegiatan terpenting dalam penelitian uji tanah. Penelitian kalibrasi pada prinsipnya adalah: (1) mempelajari respon tanaman terhadap pemberian suatu hara; (2)

melihat hubungan antara hara tersedia yang terekstrak dengan pengestrak terpilih dari percobaan studi korelasi dengan respon tanaman (produksi) pada kondisi lapangan; dan (3) menentukan kelas status hara tanah.

Produksi suatu tanaman merupakan hasil akhir dari interaksi berbagai faktor tumbuh termasuk potensi genetiknya. Oleh karena itu semua faktor tumbuh harus dalam kondisi optimal kecuali satu faktor yang diuji dalam studi kalibrasi. Faktor tumbuh yang berpengaruh antara lain kadar hara, kelembapan tanah, pH tanah, suhu, cahaya, dan lain-lain. Apabila faktor tumbuh optimal, maka tanaman akan berproduksi secara maksimal. Respon tanaman terhadap pemupukan dinyatakan dalam produksi relatif terhadap produksi maksimum atau disebut juga persen produksi. Makin kecil nilai persen produksi, makin tinggi respon tanaman terhadap pemupukan yang berarti status unsur dalam tanah tergolong rendah. Sebaliknya bila persen produksi relatifnya makin tinggi, maka tanaman tidak respon terhadap pemupukan.

Percobaan kalibrasi dilaksanakan pada kelas status hara tanah yang beragam dari sangat rendah hingga sangat tinggi untuk mempelajari variasi produksi pada berbagai status hara tanah. Menurut Widjaja-Adhi (1986), untuk mendapatkan keragaman variasi respon produksi, penelitian kalibrasi pada suatu jenis tanah dilaksanakan di 20-30 lokasi percobaan. Untuk mempercepat waktu pelaksanaan dan menghemat biaya penelitian kalibrasi, dikenal suatu pendekatan yang dinamakan pendekatan lokasi tunggal (*single site approach*) selain metode konvensional pendekatan banyak lokasi (*multilocation approach*) (Widjaja-Adhi, 1986).

Data respon tanaman dan nilai uji tanah yang diperoleh dari hasil kalibrasi uji P dan K tanah melalui pendekatan lokasi tunggal maupun multilokasi selanjutnya akan dikelompokkan menjadi beberapa kelas status hara tanah, yaitu rendah (R), sedang (S), atau tinggi (T). Kriteria yang digunakan untuk pembagian kelas adalah metode Cate dan Nelson (1965) dan Nelson dan Anderson (1977). Pada tahap berikutnya, pada masing-masing kelas status hara tersebut akan dibuatkan kurva respon untuk menentukan rekomendasi pupuknya.

2.5.4.1. Percobaan kalibrasi uji P dan K

Pendekatan multilokasi (*multilocations approach*)

Pelaksanaan pendekatan multilokasi memerlukan biaya penelitian sangat mahal karena harus dilaksanakan serentak pada multilokasi, musim tanam, dan ordo tanah tertentu yang mempunyai tingkat kesuburan tanah sangat rendah hingga tinggi. Jumlah minimal lokasi percobaan adalah 15 lokasi yang dilaksanakan selama 2 musim tanam (Widjaja-Adhi, 1986). Namun demikian perlu diperhatikan bahwa perbedaan lokasi penelitian akan berimplikasi pada perbedaan iklim serta sifat dan karakteristik penyediaan hara tanah meskipun dilakukan pada jenis tanah dalam ordo yang sama. Oleh karena itu perlu dicari parameter kunci dari sifat-sifat tanah yang sangat berpengaruh pada penyediaan unsur P dan K tanah yang dapat menerangkan keragaman sifat tanah dalam satu ordo tanah yang sama.

Penerapan percobaan kalibrasi P dan K lokasi banyak dilaksanakan seperti percobaan respon pemupukan biasa namun sekaligus dilaksanakan di multilokasi. Respon hasil dari setiap lokasi percobaan akan dianalisis dengan teknik tertentu untuk mendapatkan kelas respon hara tertentu.

Pendekatan lokasi tunggal (*single site location*)

Pada pendekatan lokasi tunggal, faktor iklim serta faktor sifat dan karakteristik tanah dapat dipandang seragam untuk seluruh unit percobaan. Pendekatan ini didasarkan pada prinsip bahwa agroteknologi dapat dialihkan dari tanah di satu lokasi ke lokasi lain yang mempunyai famili tanah sama menurut sistem klasifikasi tanah (Soil Survey Staf, 1975 *dalam* Widjaja-Adhi, 1986). Dengan menerapkan metode ini, respon pemupukan diasumsikan hanya berasal dari pupuk karena keragaman iklim dan sifat tanah dapat diminimalkan, disisi lain biaya penelitian dapat ditekan.

Pada pendekatan ini, percobaan kalibrasi dilaksanakan hanya pada satu lokasi yang mempunyai kadar P atau K tanah rendah atau sangat rendah. Keragaman status hara tanah buatan dari rendah hingga tinggi dibuat dengan teknik penjenuhan hara. Untuk itu diperlukan waktu tertentu untuk membuat status hara tanah buatan beragam dari rendah hingga tinggi. Menurut hasil penelitian Widjaja-Adhi (1986) waktu minimal yang diperlukan untuk pembuatan status

hara buatan ini adalah sekitar 3-5 bulan atau sekitar satu musim tanam. Diharapkan dalam waktu tersebut reaksi kimia antara hara pupuk dan hara tanah telah mencapai kondisi keseimbangan dalam larutan tanah atau "*steady state*" atau dengan kata lain "hara pupuk" telah berubah menjadi "hara tanah".

Takaran pupuk P yang dibutuhkan untuk membuat status hara P buatan ditentukan berdasar metode Fox dan Kamprath (1970). Nilai X adalah jumlah pupuk P yang diberikan agar kadar P dalam larutan tanah mencapai kadar $0,2 \mu\text{g P/l}$, pada kisaran nilai ini hara P dalam tanah dalam keadaan tersedia dan mudah diambil oleh tanaman. Berdasarkan konsep teori ini maka dibuat status hara P buatan dengan teknik penjumlahan bertingkat dari $0X$, $\frac{1}{4}X$, $\frac{1}{2}X$ hingga $1X$. Berdasarkan logika yang sama, keragaman status K tanah ($0Y$, $\frac{1}{4}Y$, $\frac{1}{2}Y$ hingga $1Y$) dibuat dengan nilai Y adalah jumlah pupuk K yang diberikan agar kadar K dalam larutan tanah mencapai $0,6 \text{ me}/100\text{g}$ menurut metode NH_4OAc pH 7,0.

Pelaksanaan percobaan kalibrasi uji P atau K dengan metode lokasi tunggal harus dilakukan selama dua (2) musim tanam (MT) yang berurutan. Pada MT I dilakukan pembuatan status hara buatan dan dilanjutkan pada MT II untuk percobaan kalibrasi uji hara P atau K. Pada akhir MT I diasumsikan telah terbentuk keragaman status hara P atau K tanah dari rendah hingga tinggi. Pada musim selanjutnya, percobaan kalibrasi uji P atau K ditempatkan pada petakan status hara buatan dari rendah hingga tinggi hasil dari percobaan MT I. Pada MT II akan diamati respon tanaman terhadap pemupukan P dan K pada berbagai kelas status hara tanah. Gambar 5 menggambarkan aktivitas proses pemupukan pada percobaan kalibrasi uji P atau K di lahan kering. Sedangkan Gambar 6 menggambarkan respon pertumbuhan padi sawah terhadap pemupukan P pada tanah sawah berstatus P sedang ($\frac{1}{2}X$) di Braja Mas, Lampung pada musim hujan (MH) 1998/1999.



Gambar 5. Pemupukan P pada percobaan kalibrasi uji P di lahan kering di Mulyorejo, Lampung.



Gambar 6. Respon tanaman padi terhadap pemupukan P pada tanah sawah berstatus P sedang ($1/2 X$) pada percobaan kalibrasi uji P untuk padi sawah di Braja Mas, Lampung pada musim hujan 1998/1999.

Hasil penelitian kalibrasi P musim tanam I untuk padi sawah di Binjai, Sumatera Utara dan Braja Mas, Lampung pada MH 1998/1999 dengan pendekatan lokasi tunggal menunjukkan bahwa pembuatan status hara P tanah dari sangat rendah (0X), rendah ($\frac{1}{4}$ X), sedang ($\frac{1}{2}$ X), dan tinggi (1X) kurang berhasil (Tabel 8). Penjenuhan P tanah hingga mencapai kondisi optimal (1X) tidak berbeda dengan penjenuhan $\frac{1}{4}$ X atau $\frac{1}{2}$ X. Respon serupa ditunjukkan juga untuk pembuatan status K buatan. Pada Inceptisols dari Braja Mas yang disawahkan, penjenuhan K tanah dengan takaran $\frac{1}{4}$ Y hingga 1Y tidak berbeda nyata (Tabel 9). Fenomena seperti ini juga sering terjadi pada lahan sawah di berbagai lokasi, sehingga pendekatan lokasi tunggal untuk percobaan kalibrasi uji P dan K tanah di lahan sawah kurang direkomendasikan.

Tabel 8. Pengaruh status hara P buatan terhadap berat kering gabah pada tanah Inceptisols dari Binjai, Sumatera Utara dan Inceptisols dari Braja Mas, Lampung pada musim hujan 1998/1999

Status P	Berat gabah kering	
	Inceptisols dari Binjai	Inceptisols dari Braja Mas
	t/ha	
0 X* (sangat rendah)	6,9 a**	5,2 b
$\frac{1}{4}$ X (rendah)	6,0 a	6,2 a
$\frac{1}{2}$ X (sedang)	6,7 a	6,8 a
1 X (tinggi)	6,0 a	6,8 a
KK (%)	7,7	5,8

Sumber: Kasno *et al.*, 2000

*X = Takaran X untuk Inceptisols dari Binjai = 183,6 kg P₂O₅/ha; Braja Mas = 355,7 kg P₂O₅/ha);

** Angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

Tabel 9. Pengaruh status hara K buatan terhadap berat kering gabah pada tanah Inceptisols dari Binjai, Sumatera Utara dan Inceptisols dari Braja Mas, Lampung pada musim hujan 1998/1999

Status K	Berat gabah kering	
	Inceptisols dari Binjai	Inceptisols dari Braja Mas
	t/ha	
0 Y* (sangat rendah)	6,0 a**	4,8 b
¼ Y (rendah)	6,1 a	5,3 ab
½ Y (sedang)	6,6 a	5,4 ab
1 Y (tinggi)	6,5 a	5,5 a
KK (%)	7,1	6,0

Sumber: Kasno *et al.*, 2000

*Y = Takaran X untuk Inceptisols dari Binjai = 170 kg K₂O/ha; Braja Mas = 290,4 kg K₂O/ha) ;

** Angka dalam kolom yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%.

3.5.4.2. Pembagian kelas status hara tanah

Hasil penelitian kalibrasi uji hara P dan K baik dengan pendekatan lokasi banyak maupun lokasi tunggal, selanjutnya digabungkan untuk dianalisis dan dikelompokkan menjadi beberapa kelas status hara berdasarkan respon hasil dan nilai uji tanahnya. Cara perhitungan dan analisis lebih detail dapat dilihat dalam petunjuk teknis kalibrasi uji P dan K tanah (Balai Penelitian Tanah, 2003). Pembagian kelas status hara tanah dapat dibuat dua kelas atau lebih tergantung sebaran data hasil percobaan kalibrasi lapangan. Semakin banyak data percobaan kalibrasi yang dilaksanakan pada tanah dengan tingkat kesuburan rendah hingga tinggi, maka diharapkan akan diperoleh kelas status hara yang lebih banyak.

Kelas status hara yang terbentuk dapat dikategorikan sebagai: rendah (R) , sedang (S), dan tinggi (T), sedangkan indikator warna yang digunakan adalah merah untuk rendah, kuning untuk sedang, dan hijau untuk tinggi. Setiap kelas status hara memberikan informasi khusus tentang respon hasil yang diharapkan (Rachim, 1995), yaitu:

1. Kelas status hara rendah (R) mengindikasikan kebutuhan pupuk banyak, respon pemupukan P atau K tinggi, tanpa pupuk gejala kahat pasti muncul, pertumbuhan tanaman tanpa pupuk tidak normal, kemungkinan mati kecil meskipun tidak berbuah.

2. Kelas status hara sedang (S) menunjukkan kebutuhan hara sedang, respon pemupukan P atau K sedang, tanpa pupuk pertumbuhan tanaman kurang normal, gejala kahat tidak muncul, dan produksi rendah.
3. Kelas status hara tinggi (T) tidak memerlukan pupuk, respon pemupukan rendah, kebutuhan pupuk hanya untuk pemeliharaan.

Pembagian kelas status hara tanah untuk P atau K dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu: (a) metode grafik Cate dan Nelson (1965) dan (b) metode analisis keragaman yang dimodifikasi (Nelson dan Anderson, 1977).

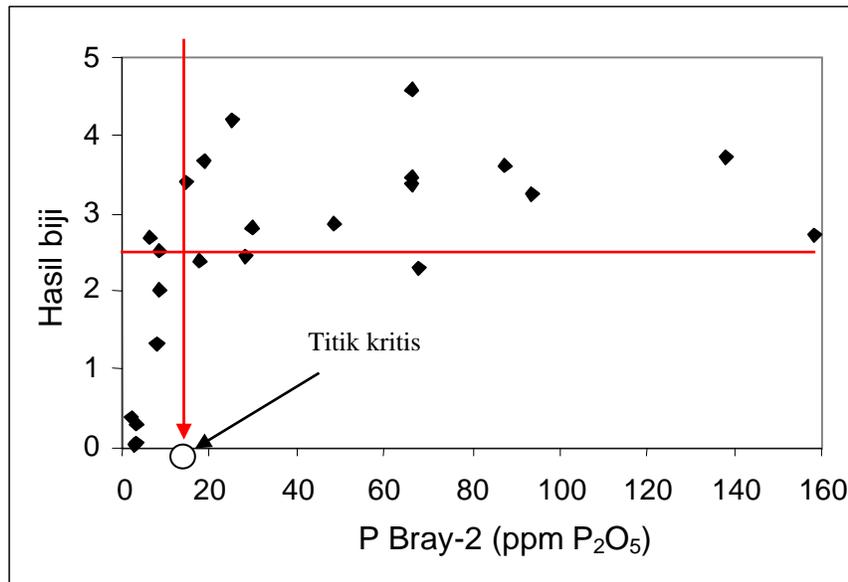
Metode grafik Cate dan Nelson (1965)

Metode ini hanya dapat membagi status hara tanah menjadi dua kelas yaitu rendah dan tinggi. Batas nilai yang membagi kelas rendah dan tinggi disebut sebagai nilai batas kritis, yaitu nilai uji tanah yang menunjukkan bahwa tanaman pada tanah-tanah yang nilainya di bawah nilai kritis ini akan memberikan respon tinggi pada pemupukan. Sebaliknya, pada tanah-tanah yang kandungan haranya di atas batas kritis hanya sedikit atau tidak respon terhadap pemupukan.

Batas kritis yang ditetapkan dengan metode Cate dan Nelson (1965) bersifat kualitatif. Tebaran data (*scatter diagram*) dibuat antara nilai uji tanah dengan persen hasil tanaman dalam sumbu X-Y. Selanjutnya pada sehelai plastik transparan dibuat sebuah salib sumbu X dan Y yang membagi bidang menjadi empat kuadran. Kuadran I terletak di sebelah kanan atas dan selanjutnya bergerak searah jarum jam ke kanan bawah untuk kuadran II, III, dan IV. Kuadran I dan III merupakan kuadran positif, dan kuadran II dan IV adalah kuadran negatif. Salib sumbu X-Y kemudian digeser-geserkan dalam usaha memisahkan tebaran titik-titik pengamatan dalam kuadran I, II, III, dan IV. Pergeseran titik diupayakan agar jumlah titik pengamatan pada kuadran positif maksimal dan pada kuadran negatif seminimal mungkin. Sumbu Y yang dipotong garis horizontal X ditetapkan sebagai nilai batas kritis.

Sebagai contoh ditunjukkan pada gambar berikut, dimana batas kritis P tanah terekstrak Bray-2 untuk tanaman jagung pada tanah

Ultisols dari Jambi adalah sekitar 10 ppm P_2O_5 (Gambar 7) (Santoso *et al.*, 2000).



Gambar 7. Batas kritis P terekstrak Bray-2 untuk tanaman jagung pada Ultisols Jambi (Santoso *et al.*, 2000)

Analisis keragaman yang dimodifikasi Nelson dan Anderson (1977)

Metode ini dapat membagi kelas status hara tanah menjadi lebih dari dua kelas, tergantung pada ketersediaan data yang diperoleh dari percobaan kalibrasi. Analisis keragaman yang dimodifikasi Nelson dan Anderson (1977) menunjukkan, bahwa tanah-tanah yang sifat penyediaan haranya berbeda dari tanah tanah yang mendominasi "populasi" akan mengganggu dan merupakan *outlier* atau pencilan dari keterkaitan antara nilai uji tanah dan respons pemupukan. Prosedur metode analisa keragaman yang dimodifikasi dapat dipelajari lebih lanjut pada tulisan Widjaja-Adhi (1986).

Prinsip pembagian kelas dengan metode Nelson dan Anderson adalah meminimalkan keragaman sifat dalam satu kelompok populasi dan disisi lain memaksimalkan keragaman antar-kelompok populasi.

Batas nilai antar-kelompok dihitung secara statistik dengan analisis gerombol. Pada Tabel 10 disajikan hasil pembagian kelas ketersediaan hara P dan K untuk padi sawah yang dilaksanakan di beberapa lokasi.

Tabel 10. Kelas ketersediaan hara untuk padi sawah dari beberapa lokasi percobaan

Hara	Tanah	Pengekstrak	Status hara tanah		
			Rendah	Sedang	Tinggi
<i>P</i>	Vertisols dari Madiun	Olsen (ppm P)	<5,3	> 5,3	-
	Inceptisols dari Jawa	HCl 25% (mgP ₂ O ₅ /100g)	< 20	20-40	> 40
<i>K</i>	Vertisols dari Madiun	NH ₄ OAc pH7 (meK/100g)	< 0,3	0,3 – 0,6	> 0,6
	Inceptisols dari Jawa	HCl 25% (mg K ₂ O/100g)	< 10	10 - 20	> 20

Sumber : Sofyan *et al.*, 2003.

2.5.5. Penyusunan rekomendasi pemupukan

Rekomendasi pupuk ditetapkan berdasarkan kurva respon pemupukan P dan K pada setiap kelas status hara tanah yang disusun melalui berbagai metode pendekatan. Pemilihan metode sangat dipengaruhi oleh ketersediaan data dan informasi penelitian kalibrasi uji tanah yang telah dilaksanakan. Metode yang sering digunakan untuk menyusun kurva respon pemupukan adalah metode kuadrat terkecil (MKT) dan metode Mitscherlich-Bray yang dibuat untuk masing-masing kelas uji tanah.

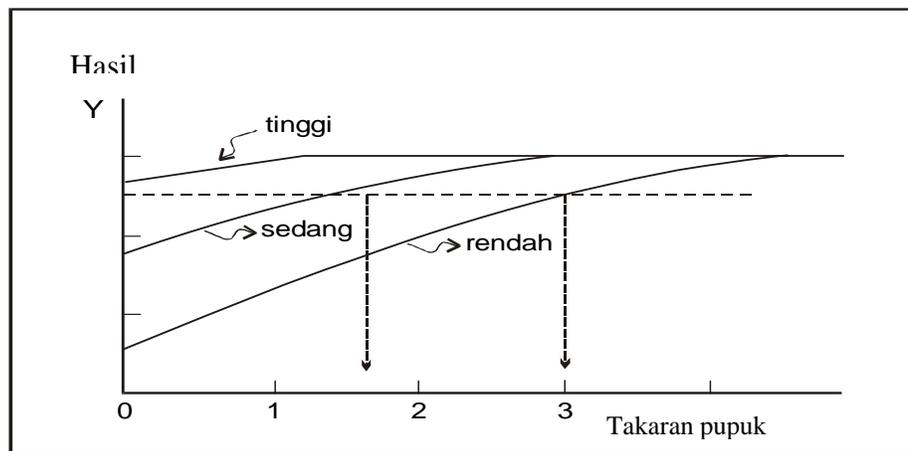
Persamaan kurva respon pemupukan dibuat dengan asumsi bahwa data respon hasil yang digunakan mempunyai sebaran normal dan ragam bebas. Persamaan kurva dihitung dengan metode kuadrat terkecil (MKT) dalam paket program statistik, dengan model persamaan matematik:

$$Y_i = a + bX_i + e_i$$

Dimana : Y = produksi/hasil tanaman

- a dan b = koefisien regresi yang akan diduga,
 a = intersep,
 b = *slope* atau kemiringan garis regresi
 X_i = jumlah pupuk yang ditambahkan pada perlakuan i ,
 e_i = galat percobaan $\sim N(0, \sigma^2)$

Kurva respon pemupukan umum (*generalized curve*) hipotetis untuk masing-masing kelas uji tanah dihitung berdasarkan regresi kuadrat dengan metode kuadrat terkecil atau *ordinary least square* digambarkan pada Gambar 8. Tanah-tanah dengan status hara rendah akan memberikan respon tinggi terhadap pemupukan, dimana pemberian pupuk akan meningkatkan produksi tanaman. Sebaliknya tanah-tanah dengan status hara tinggi tidak akan memberikan respon terhadap pemupukan yang diberikan. Berdasarkan persamaan kurva respon ini ditentukan takaran optimum untuk setiap kelas uji tanah mengikuti kaidah analisis ekonomi.



Gambar 8. Kurva respons hipotetik untuk masing-masing kelas nilai uji tanah

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Puslitbangtanak terhadap data percobaan kalibrasi pemupukan P dan K padi sawah yang telah dilaksanakan di berbagai status hara tanah di Jawa (Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur), Sumatera (Sumsel, Sumbar, Sumut, Lampung), Lombok, NTB telah disusun suatu persamaan regresi untuk setiap kelas status P dan K tanah. Kriteria penggolongan status P tanah

terekstrak HCl 25% rendah, sedang, dan tinggi mengacu pada hasil penelitian Puslitbangtanak selama ini yaitu: (a) rendah bila kadar P terekstrak HCl 25% berkisar 0-20 mg P₂O₅/100g; (b) sedang bila P terekstrak HCl 25% berkisar 20-40 mg P₂O₅/100g; dan (c) tinggi bila P terekstrak HCl 25% lebih tinggi dari 40 mg P₂O₅/100g (Sofyan *et al.*, 2000). Kurva respon pemupukan dengan metode MKT yang dihitung berdasarkan data dari berbagai lokasi penelitian kalibrasi P di berbagai lokasi lahan sawah di Jawa dan Sumatera disajikan pada Tabel 11. Berdasarkan nilai konstanta a, terlihat bahwa tingkat produktivitas padi sawah untuk tanah-tanah yang subur di Jawa lebih tinggi dibandingkan Sumatera. Sedangkan dari nilai koefisien regresi b, teramati bahwa peningkatan hasil gabah pada tanah berstatus P rendah lebih tinggi dibandingkan tanah berstatus P sedang baik di Jawa maupun Sumatera.

Berdasarkan hasil penelitian ini, semakin jelas bagi kita bahwa konsep pemupukan berimbang berdasar uji tanah atau rekomendasi spesifik lokasi harus menjadi perhatian utama. Rekomendasi pemupukan di setiap wilayah harus mempertimbangkan status hara tanah dan kebutuhan hara tanaman. Kelas ketersediaan hara untuk tanah sawah di luar Jawa khususnya yang beraksi masam dan basa perlu ditinjau ulang dan diverifikasi untuk mendapatkan kelas ketersediaan hara yang baru.

Tabel 11. Persamaan kurva respon pemupukan P pada tanaman padi sawah berdasarkan lokasi

No	Status P tanah	Persamaan regresi	R ²
1.	JAWA:		
	Rendah	$Y = -0.0007x^2 + 0.067x + 4.5354$	0.9134
	Sedang	$Y = -0.0003x^2 + 0.0439 + 4.5704$	0.9426
	Tinggi	$Y = 6.5$	
2.	SUMATERA:		
	Rendah	$Y = -0.0002x^2 + 0.039x + 4.1614$	0.9867
	Sedang	$Y = -0.00009x^2 + 0.016x + 5.5107$	0.9917
	Tinggi	$Y = 5.8$	

Sumber : Diolah dari Balai Penelitian Tanah, 2002.

$Y = cX^2 + bX + a$; dimana Y=hasil gabah, X=takaran pupuk P, dan R² = koefisien determinasi.

III. HASIL PENELITIAN UJI TANAH

3.1. Rekomendasi pupuk P dan K lahan sawah

Hasil penelitian Puslittan tentang studi korelasi menggunakan tanah sawah intensifikasi di Jawa menunjukkan, bahwa jenis pengekstrak P dan K yang memberikan korelasi terbaik untuk padi sawah adalah HCl 25%. Pembagian kelas status hara P dan K di lahan sawah intensifikasi di Jawa disajikan pada Tabel 12.

Tabel 12. Pembagian kelas status hara P dan K tanah sawah intensifikasi di Pulau Jawa

Kelas status hara tanah	Kadar hara terekstrak HCl 25%	
	P ₂ O ₅	K ₂ O
	mg/100g	
- Rendah	< 20	<10
- Sedang	20 – 40	10-20
- Tinggi	> 40	>20

Sumber : Moersidi *et al.*, 1989; Soepartini *et al.*, 1990

Tanah-tanah yang mempunyai status P dan K terekstrak HCl 25% tinggi diartikan mempunyai cadangan P dan K tanah tergolong tinggi sehingga dapat mensuplai kebutuhan hara tanaman. Sebaliknya pada tanah-tanah berkadar P dan K terekstrak HCl 25% rendah diartikan tanaman memerlukan penambahan pupuk P dan K untuk dapat mensuplai hara kebutuhannya.

Berdasarkan hasil penelitian kalibrasi uji P dan K untuk tanaman padi sawah di lahan sawah intensifikasi di Jawa, Bali, Lombok, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi dapat disimpulkan bahwa takaran pupuk P pada tanah sawah berstatus P rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut adalah 100, 75, dan 50 kg SP-36/ha yang diberikan pada setiap musim tanam (Tabel 13).

Tabel 13. Rekomendasi pupuk SP-36 dan KCl untuk padi sawah pada kelas status hara P dan K tanah rendah, sedang, dan tinggi

Jenis pupuk	Takaran pupuk pada tanah berstatus		
	Rendah	Sedang	Tinggi
	kg/ha/musim		
1. SP-36	100	75	50
2. KCl:			
- Jerami dikembalikan (5 t/ha)	50	0	0
- Jerami tidak dikembalikan	100	50	50

Sumber : Moersidi *et al.*, 1989; Soepartini *et al.*, 1990

Jumlah pupuk P yang diberikan pada tanah sawah berstatus P rendah ditujukan untuk meningkatkan kandungan P tanah serta meningkatkan produksi tanaman. Pada tanah sawah berstatus P sedang, penambahan pupuk P ditujukan untuk mengganti P yang terangkut panen serta perawatan. Sedangkan pada tanah sawah berstatus P tinggi, penambahan P hanya ditujukan untuk menggantikan hara P yang terangkut lewat panen berupa gabah dan jeraminya.

Berdasarkan hasil studi yang dilakukan Soepartini *et al.* (1990) dari hasil penelitian di Jawa (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1992a dan 1992b), disimpulkan bahwa takaran pupuk kalium pada tanah sawah berstatus K rendah, sedang, dan tinggi adalah 100, 50, dan 50 kg KCl/ha. Namun apabila jerami sisa hasil panen dikembalikan, maka pupuk KCl hanya diberikan pada lahan sawah berstatus K rendah saja dengan takaran 50 kg KCl/ha.

3.2. Peta status hara P dan K lahan sawah

Output utama hasil penelitian uji tanah yang telah disosialisasikan kepada pengguna dan pengambil kebijakan, adalah peta status hara P dan K lahan sawah di 18 Propinsi di Indonesia berskala 1:250.000 yang sangat berguna untuk perencanaan dan arahan distribusi penyaluran pupuk secara nasional di setiap propinsi. Propinsi tersebut meliputi seluruh propinsi di Jawa, Sulawesi, dan Sumatera, serta Kalimantan Selatan, Bali dan Lombok (Tabel 14 dan 15) (Sofyan *et al.*, 2000). Status hara fosfat (P) dan kalium (K) tanah yang tertera dalam peta terbagi menjadi tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi masing-masing digambarkan dengan

warna merah, kuning, dan hijau. Hara P dan K yang digambarkan dalam peta merupakan bentuk P dan K dalam tanah yang terekstrak HCl 25%.

Berdasarkan peta status hara P dan K dapat digambarkan bahwa dari sekitar 7,5 juta ha lahan sawah di Indonesia, sebagian besar (43%) berstatus P sedang dan 40% berstatus P tinggi, sedangkan yang berstatus P rendah hanya sekitar 17% (Gambar 9). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar lahan sawah di Indonesia sudah tidak memerlukan pemupukan P dan K takaran tinggi, melainkan terbatas sebagai takaran perawatan untuk mengembalikan jumlah hara P dan K yang terangkut lewat panen. Kenyataan ini memberikan implikasi nyata bahwa alokasi penggunaan pupuk untuk lahan sawah dapat dikurangi dan dialihkan ke lahan kering di luar Jawa untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman palawija yang selama ini kurang mendapatkan perhatian.

Fenomena serupa ditunjukkan pula oleh Peta K lahan sawah yang sebagian besar mempunyai kandungan K tanah tinggi ($\pm 51\%$). Sekitar 37% lahan sawah mempunyai status K sedang, sedangkan yang berstatus K rendah paling sempit, hanya 12% dari total lahan sawah di Indonesia yang telah dipetakan.

Tabel 14. Luas lahan sawah pada berbagai kelas status hara P berdasarkan peta skala 1:250.000 di 18 propinsi

Propinsi	Status hara P			Jumlah
	Rendah	Sedang	Tinggi	
				ha

Jabar	235.621	454.396	523.348	1.213.365
Jateng	123.439	658.785	397.120	1.179.344
Jatim	183.500	544.945	531.475	1.259.920
Lampung	17.707	47.453	147.922	213.082
Sumsel	145.570	251.981	32.315	429.866
Sumbar	37.389	95.983	91.793	225.165
Kalsel	145.829	164.206	155.186	465.221
Sulsel	115.448	175.456	290.116	581.020
Bali	1.996	15.521	74.054	91.571
NTB (P. Lombok)	-	11.652	110.833	122.485
Aceh	48.224	128.116	120.818	297.158
Sumut	53.440	301.598	175.425	530.463
Jambi	30.470	118.180	115.831	264.481
Riau	76.392	106.760	46.046	229.198
Bengkulu	18.778	30.279	40.791	89.848
Sulut	6.805	50.994	30.579	88.378
Sulteng	2.038	61.452	93.276	156.766
Sultra	27.455	23.536	19.118	70.109
Jumlah	1.270.101	3.241.293	2.996.046	7.507.440

Sumber : Sofyan *et al.*, 2000.

Untuk implementasi penerapan pemupukan berimbang berdasarkan uji tanah, telah disusun peta status hara P dan K tanah skala 1:50.000 yang telah dilakukan di beberapa kabupaten sentra produksi padi di jalur Pantura. Peta status hara P dan K sangat bermanfaat bagi Dinas Pertanian maupun instansi terkait di daerah guna menentukan rekomendasi pupuk untuk padi sawah.

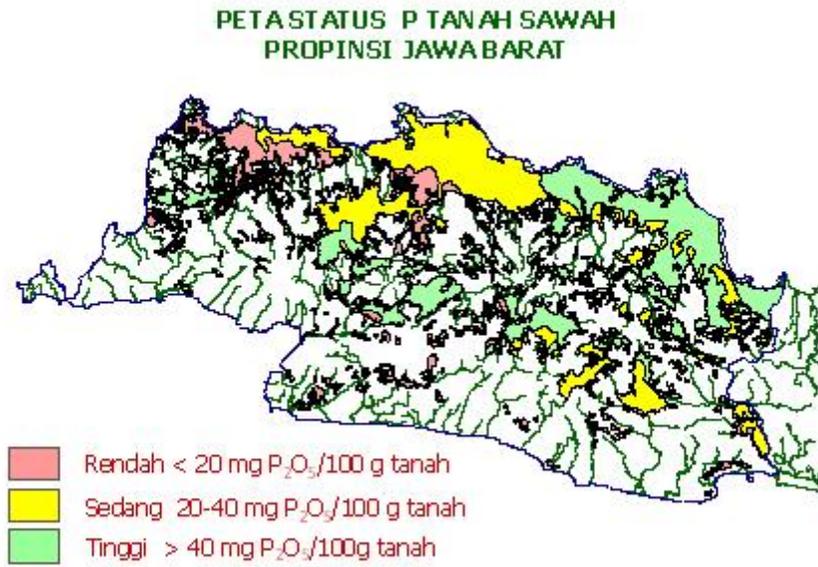
3.3. Paket program rekomendasi pupuk P dan K

Untuk memudahkan perhitungan takaran pupuk P dan K yang didasarkan pada hasil uji tanah, telah disusun model perangkat lunak bernama *P&K Recommendation* (P&K R). Sebagai tahap awal disusun P&K R versi 1.02 yang menggunakan bahasa program *Microsoft Visual Basic Version 6.0*. P&K R versi 1.0 memberikan rekomendasi untuk komoditas padi sawah, padi gogo, jagung, dan kedelai. Kebutuhan pupuk yang dapat dihitung oleh perangkat lunak ini adalah pupuk N (urea), P (SP-36), dan K (KCI). Selain itu, P&K R juga dilengkapi dengan perhitungan kebutuhan bahan organik dan kapur (Sulaeman dan Nursyamsi, 2002). Namun demikian perangkat lunak ini masih dalam tahap pengujian dan validasi lapangan untuk memantapkan hasilnya.

Tabel 15. Luas lahan sawah pada berbagai kelas status hara K berdasarkan peta skala 1:250.000 di 18 propinsi

Propinsi	Status hara K			Jumlah
	Rendah	Sedang	Tinggi	
	ha			
Jabar	225.625	496.250	491.490	1.213.365
Jateng	175.050	330.000	674.294	1.179.344
Jatim	71.875	345.625	842.420	1.259.920
Lampung	104.048	53.825	55.210	213.082
Sumsel	12.910	261.290	155.666	429.866
Sumbar	50.398	110.711	64.056	225.165
Kalsel	66.252	261.333	137.636	465.221
Sulsel	26.669	89.070	465.281	581.020
Bali	-	-	91.571	91.571
NTB (P. Lombok)	-	-	122.485	122.485
Aceh	12.071	56.505	228.582	297.158
Sumut	10.135	430.633	89.695	530.463
Jambi	19.595	139.935	104.951	264.481
Riau	9.420	82.672	137.106	229.198
Bengkulu	28.392	40.432	21.024	89.848
Sulut	8.661	40.212	39.505	88.378
Sulteng	31.980	32.921	91.865	156.766
Sultra	22.063	34.809	13.237	70.109
Jumlah	875.644	2.806.222	3.826.074	7.507.440

Sumber: Sofyan *et al.*, 2000.



Gambar 9. Peta Status hara P tanah sawah Jawa Barat (pengecilan dari skala 1:250.000)

3.4. Penghematan pupuk P dan K dengan teknik uji tanah

Penghematan pupuk P dan K yang diperoleh apabila takaran pupuk untuk tanaman padi sawah yang digunakan sesuai dengan takaran anjuran pupuk berdasar uji tanah, dibandingkan dengan takaran anjuran umum (Dinas Pertanian setempat, Dit. Bina Produksi tanaman Pangan) disajikan pada Tabel 16 dan 17.

Tabel 16. Penghematan pupuk SP-36 per tahun pada lahan sawah intensifikasi di 18 propinsi di Indonesia bila penggunaan pupuk fosfat berdasarkan uji tanah

Propinsi	Rekomendasi umum P*	Uji Tanah P**	Penghematan	
			Fisik	Nilai
		— Ribu ton/tahun —	Milyar Rp./tahun	
Aceh	59,4	40,9	18,5	29,6
Sumut	106,1	73,4	32,7	52,3
Riau	45,8	35,9	9,9	15,8
Sumbar	52,9	35,4	17,5	28,0
Jambi	45,0	31,0	14,0	22,4
Sumsel	86,0	70,1	15,9	25,4
Bengkulu	18,0	12,3	5,7	9,1
Lampung	42,6	25,4	17,2	27,5
Jabar	242,7	167,6	75,1	120,2
Jateng	235,9	163,2	72,7	116,3
Jatim	252,0	171,5	80,5	128,8
Bali	18,3	10,1	8,2	13,1
NTB (P. Lombok)	24,5	12,8	11,7	18,7
Kalsel	93,0	69,3	23,7	37,9
Sulsel	116,2	78,3	37,8	60,5
Sultra	14,0	10,9	3,1	5,0
Sulteng	31,3	18,9	12,4	19,8
Sulut	17,7	12,0	5,7	9,1
Total	1501,4	1039,1	462,3	739,7

Sumber : Rochayati *et al.*, 2002.

Keterangan:

* Takaran pupuk P berdasarkan rekomendasi umum = 100 kg SP-36/ha/musim

** Status P tinggi : 50 kg SP-36/ha/musim

Status P sedang : 75 kg SP-36/ha/musim

Status P rendah : 100 kg SP-36/ha/musim

Satu tahun = 2 musim tanam,

Harga SP-36 = Rp 1.600,-/kg.

Studi yang dilakukan oleh Rochayati *et al.*, (2002). menunjukkan bahwa jumlah pupuk P yang diperlukan untuk rekomendasi nasional padi sawah yang bersifat umum adalah 1.501 ribu ton SP-36/tahun, namun bila digunakan rekomendasi berdasar uji tanah hanya dibutuhkan 1.039 ribu ton SP-36/tahun. Sehingga diperoleh penghematan pupuk P sejumlah 462 ribu ton SP-36/tahun atau setara dengan 740 milyar rupiah/tahun, sedangkan penghematan pemakaian pupuk K apabila jerami dikembalikan ke lahan adalah 1.414 ribu ton KCl/tahun setara dengan 2.828 milyar rupiah/tahun. Namun apabila jerami tidak dikembalikan ke lahan, maka penghematan penggunaan pupuk menjadi 523 ribu ton KCl/tahun setara 1.046 milyar rupiah/tahun. Penghematan pupuk P dan K yang diperoleh dari lahan sawah berkadar hara sedang dan tinggi dapat dialokasikan ke lahan sawah dan lahan kering di luar Jawa yang memerlukan peningkatan penggunaan pupuk agar produktivitasnya meningkat.

Tabel 17. Penghematan pupuk kalium per tahun pada lahan sawah intensifikasi di 18 propinsi di Indonesia bila penggunaan pupuk kalium berdasarkan uji tanah

Propinsi	Pupuk KCl			Penghematan			
	Rekomendasi umum	Uji tanah ¹⁾	Uji tanah ²⁾	Fisik ¹⁾	Fisik ²⁾	Nilai ¹⁾	Nilai ²⁾
		Ribu ton/tahun				Milyar Rp./tahun	
Aceh	59,4	1,2	33,7	58,2	25,7	116,4	51,4
Sumut	106,1	1,0	75,6	105,1	30,5	210,2	61
Riau	45,8	0,9	28,0	44,9	17,8	89,8	35,6
Sumbar	52,9	1,9	35,4	51,0	17,5	102	35
Jambi	45,0	5,0	33,1	40,0	11,9	80	23,8
Sumsel	86,0	1,3	57,3	84,7	28,7	169,4	57,4
Bengkulu	18,0	2,8	13,8	15,2	4,2	30,4	8,4
Lampung	42,6	10,4	34,4	32,2	8,2	64,4	16,4
Jabar	242,7	22,6	168,7	220,1	74,0	440,2	148
Jateng	235,9	17,5	151,9	218,4	84,0	436,8	168
Jatim	252,0	7,2	150,5	244,8	101,5	489,6	203
Bali	18,3	0,0	9,2	18,3	9,1	36,6	18,2
NTB (P. Lombok)	24,5	0,0	12,2	24,5	12,3	49	24,6
Kalsel	93,0	6,6	66,2	86,4	26,8	172,8	53,6
Sulsel	116,2	2,7	65,2	113,5	51,0	227	102
Sultra	14,0	2,2	11,0	11,8	3,0	23,6	6
Sulteng	31,3	3,2	20,5	28,1	10,8	56,2	21,6
Sulut	17,7	0,9	11,7	16,8	5,9	33,6	11,8
Total	1501,4	87,4	978,4	1414	522,9	2828	1045,8

Sumber : Rochayati *et al.*, 2002.

Satu tahun = 2 musim tanam

Takaran pupuk K berdasarkan rekomendasi umum = 100 kg KCl/ha/musim

¹⁾Takaran pupuk K berdasarkan uji tanah bila jerami dikembalikan

Status K tinggi : 0 kg KCL/ha/musim
Status K sedang : 0 kg KCL/ha/musim
Status K rendah : 50 kg KCL/ha/musim

²⁾Takaran pupuk K berdasarkan uji tanah bila jerami tidak dikembalikan

Status K tinggi : 50 kg KCL/ha/musim
Status K sedang : 50 kg KCL/ha/musim
Status K rendah : 100 kg KCL/ha/musim

Harga KCl = Rp. 2.000,-/kg

IV. UJI TANAH SEBAGAI DASAR PENERAPAN PEMUPUKAN BERIMBANG

4.1. Dasar pemikiran

Pemupukan berimbang tidak berarti pemupukan lengkap unsur makro dan mikro seperti N, P, dan K plus Cu, Zn, Mn, dan lain-lain. Pemupukan berimbang diartikan sebagai pemupukan untuk mencapai status semua hara dalam tanah optimum untuk pertumbuhan dan hasil suatu tanaman. Untuk hara yang telah berada dalam status optimum hanya diberikan seminimal mungkin sebatas takaran perawatan untuk menggantikan yang terangkut panen. Penambahan hara yang tidak diperlukan justru menyebabkan masalah pencemaran lingkungan, terlebih bila status hara tanah sudah sangat tinggi.

Kondisi atau status optimum hara dalam tanah tidak sama untuk semua tanaman pada suatu tanah. Demikian juga status optimum untuk suatu tanaman, berbeda untuk tanah yang berlainan (Rouse, 1967; Widjaja-Adhi dan Silva, 1986). Oleh karena itu perlu pendekatan uji tanah sebagai dasar rekomendasi pemupukan berimbang yang rasional dan berwawasan lingkungan.

Hingga saat ini rekomendasi pupuk yang ditetapkan berdasar teknik uji tanah terbatas untuk hara makro P dan K serta S untuk wilayah yang terbatas. Kebutuhan hara nitrogen (N) tidak dapat ditetapkan dengan metode uji tanah, karena sifat-sifat N yang sangat mudah bergerak dan hilang melalui udara atau tercuci. Oleh karena itu, takaran N tanaman ditetapkan berdasar bagan warna daun (BWD) yang dapat memerinci kebutuhan dan waktu pemupukan N dengan tepat.

Kebutuhan tanaman akan unsur mikro hingga saat ini belum teridentifikasi dengan jelas. Di beberapa sentra lahan sawah intensifikasi di Sulawesi Selatan dan Nusa Tenggara Barat terbukti mengalami

kekurangan unsur Zn. Namun gejala kahat Zn ini hanya sporadis dan spesifik lokasi pada tanah yang mempunyai pH tinggi atau drainase jelek teknik uji tanah juga dapat memantau gejala keracunan besi serta gejala defisiensi unsur mikro lain yang diduga menjadi penyebab utama rendahnya produktivitas tanaman di beberapa wilayah akhir-akhir ini.

Dengan diketahuinya kondisi atau status hara di dalam tanah melalui teknik uji tanah, maka disusunlah suatu rekomendasi pemupukan yang berimbang sesuai tingkat kesuburan tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman yang optimum.

4.2. Institusi dan program kerja

Untuk dapat melaksanakan program kerja penerapan penggunaan pupuk berimbang berdasarkan uji tanah yang terpadu diperlukan pengembangan institusi terkait, *support system*, sumber daya manusia, dan manajemen yang baik. Aspek penting yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

Kelembagaan

Pengembangan kelembagaan yang dapat berfungsi efektif untuk mendukung dan melaksanakan penerapan penggunaan pupuk berimbang spesifik lokasi secara terpadu dan terkoordinasi perlu ditentukan. Setiap institusi mempunyai tugas pokok dan fungsinya sesuai dengan ketentuan yang berlaku atau yang disepakati.

Dalam rangka menyusun rekomendasi pemupukan diperlukan *technology generation* dan *technology verification*, antara lain untuk membangun *decision support system* dengan modeling yang dapat dipakai guna menentukan kebutuhan pupuk suatu tanaman. *Technology generation* ini dapat diperoleh dari hasil penelitian dan pengembangan uji tanah yang dilaksanakan oleh institusi penelitian tertentu, seperti Puslitbangtanak, Institusi Penelitian Terkait, dan Universitas. *Technology verification* dan aplikasinya dilakukan oleh Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) dan institusi terkait lainnya dengan mengadakan verifikasi di lapangan yang mencakup verifikasi metode uji tanah dan model-model untuk rekomendasi pemupukan yang diperoleh dalam sistem hara-tanah-tanaman-iklim. Berdasarkan metode uji tanah dan model-model yang tepat dan teruji dapat dirumuskan rekomendasi pemupukan berimbang spesifik lokasi.

Sumber daya manusia

Sumber daya manusia (SDM) yang berkualitas dan memenuhi syarat (pendidikan, pengalaman, ketrampilan, dan berdedikasi) sangat dibutuhkan sebagai: (1) manajer, tim peneliti/pengkaji; (2) litkayasa laboratorium, teknik lapangan, komputer, arsipasis, dan tenaga penunjang lainnya; dan (3) kelompok tani/petani andalan.

Tim multidisipliner yang terpadu diperlukan untuk mendukung pelaksanaan program kerja penerapan penggunaan pupuk berimbang spesifik lokasi berdasarkan uji tanah. Upaya untuk meningkatkan SDM yang dikehendaki secara bertahap dan berkelanjutan perlu dilakukan pembinaan para pelaksana penerapan penggunaan pupuk berimbang tersebut melalui sosialisasi program, pelatihan-pelatihan/magang, pendidikan dan penyusunan buku pedoman. Persiapan SDM berupa tenaga struktural, peneliti, dan analis laboratorium telah dipersiapkan oleh Badan Litbang Pertanian sejak tahun 1995 hingga 2001 untuk mendukung penerapan program pemupukan berimbang di Indonesia.

4.2.1. Prasarana dan sarana kerja

Kebutuhan dasar untuk menerapkan penggunaan pupuk berimbang spesifik lokasi berdasarkan uji tanah antara lain pengadaan sarana yang memadai seperti laboratorium uji tanah dan peralatannya, serta sarana transportasi dan komunikasi.

Laboratorium uji tanah. Badan Litbang Pertanian telah membangun dan merenovasi laboratorium uji tanah beserta peralatannya di Puslittanah, BPTP Sumatera Utara (Sumut), Sulawesi Selatan (Sulsel), dan DI Yogyakarta dengan bantuan dana dari ARMP-II (1995/1996-2000/2001). BPTP Sumut diharapkan dapat melayani contoh tanah dan tanaman dari wilayah sebagian Sumatera dan sebagian Kalimantan. Selanjutnya BPTP Sulsel melayani wilayah kerja Sulawesi, Maluku, dan Papua. BPTP Yogyakarta akan melayani wilayah sebagian Kalimantan, Bali, Lombok, NTB, Jawa Timur (Jatim), dan Jawa Tengah (Jateng). Sedangkan Puslitbangtanak melayani wilayah Jawa Barat (Jabar), Lampung, dan Sumatera Selatan (Sumsel) serta bertindak sebagai koordinator tempat pelatihan atau magang uji tanah, serta

koordinator *cross checking* untuk memonitor kualitas dan mutu hasil analisis tanah dari laboratorium yang menjadi anggota.

Laboratorium pengumpul contoh tanah dan tanaman. Selain membangun laboratorium uji tanah dan tanaman, juga telah dipersiapkan delapan laboratorium pengumpul contoh tanah dan tanaman di BPTP Sumut, Riau, Jateng, Ambon, Sulawesi Tengah (Sulteng), Sulawesi Tenggara (Sultra), Kalimantan Barat (Kalbar), dan Aceh. Tugas utama laboratorium ini adalah mengumpulkan dan memproses awal contoh tanah dan tanaman dari wilayah sekitarnya untuk selanjutnya dikirimkan ke salah satu laboratorium uji tanah terdekat.

Sarana transportasi dan komunikasi. Untuk mempermudah dan memperlancar pengambilan dan pengiriman contoh tanah serta mempermudah penyimpanan dan administrasi pelayanan uji tanah, maka dibutuhkan sarana berupa alat transportasi dan komputer. Untuk meningkatkan kinerja serta menjalin kerjasama antar-laboratorium uji tanah diperlukan alat komunikasi seperti fax dan internet.

4.2.2. Operasionalisasi

Untuk melaksanakan penerapan penggunaan pupuk berimbang berdasarkan uji tanah secara terpadu di tingkat pusat, daerah, dan lapangan sangat diperlukan kerjasama dan koordinasi yang baik antara instansi terkait. Di tingkat pusat, pelaksana program adalah Eselon I terkait dan Badan Litbang Pertanian (Puslitbangtanak sebagai *focal point*). Di tingkat propinsi dan kabupaten adalah BPTP dan dinas terkait (BPTP sebagai *focal point*). Di tingkat lapangan adalah kelompok kerja khusus dan kelompok tani (kelompok kerja khusus sebagai *focal point*).

4.2.3. Monitoring dan evaluasi

Program kerja yang sistematis, mantap, realistis dan operasional sebagai wahana untuk pelaksanaan penerapan penggunaan pupuk berimbang spesifik lokasi berdasarkan uji tanah sangat diperlukan, guna mendukung usaha peningkatan produksi pertanian di daerah sentra produksi sebagai *pilot area/pilot project*.

Kerjasama dan koordinasi di tingkat pusat, regional, dan lapangan merupakan kunci keberhasilan pelaksanaan penerapan

penggunaan pupuk berimbang tersebut. Pelaksanaan monitoring dan evaluasi sangat penting sebagai bagian dari proses perencanaan yang berkelanjutan untuk perbaikan sistem perencanaan dan peningkatan mutu dan kinerja institusi.

4.3. Implementasi penerapan pemupukan berimbang

4.3.1. Organisasi

Tim pengarah. Dalam rangka koordinasi dan mendukung pelaksanaan penerapan penggunaan pupuk berimbang spesifik lokasi diperlukan suatu institusi yang kuat dengan dukungan teknologi, kebijakan dan dana cukup memadai. Hal ini dapat dicapai melalui pembentukan tim pengarah (*steering committee*) di tingkat pusat atau daerah yang mempunyai mandat untuk mengembangkan dan mengarahkan kebijakan nasional, yang dapat mendorong semua kegiatan pelayanan rekomendasi pemupukan berimbang spesifik lokasi berdasarkan uji tanah. Tim pengarah dapat beranggotakan Badan Litbang Pertanian, Direktorat Sarana dan Prasarana Pertanian, Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Direktorat Jenderal Tanaman Hortikultura, Direktorat Jenderal Tanaman Perkebunan serta Eselon I terkait lainnya.

Tim teknis. Untuk mendorong dan mempercepat implementasi penerapan penggunaan pupuk berimbang tersebut perlu dibentuk tim teknis yang terdiri atas Institusi, Direktorat dan Dinas Terkait, bertujuan:

1. Menyusun prioritas kegiatan untuk menentukan rekomendasi pemupukan berimbang spesifik lokasi serta menyusun buku pedoman penerapannya.
2. Memantau dan mengevaluasi seluruh kegiatan penerapan penggunaan pupuk berimbang.
3. Melaksanakan pembinaan para pelaksana penerapan penggunaan pupuk berimbang yang ada di daerah.

4.3.2. Pelayanan uji tanah

Hingga saat ini, Balittanah memberikan pelayanan penyusunan rekomendasi pupuk secara langsung kepada pengguna yang

mebutuhkan. Dalam tahun-tahun mendatang, BPTP selaku institusi di daerah yang mempunyai mandat dapat mengembangkan program pelayanan rekomendasi pemupukan berdasarkan uji tanah. Untuk maksud tersebut, beberapa BPTP dengan bimbingan dan bantuan dari Puslitbangtanak telah membangun dan mengembangkan SDM dan fasilitas laboratorium uji tanah untuk melayani rekomendasi pupuk di wilayahnya.

Pelayanan secara langsung diberikan pula melalui partisipasi aktif pengguna atau petani, melalui kelompok taninya yang secara berkala mengambil contoh tanah dari lahan usahanya sesuai dengan petunjuk buku pedoman yang tersedia. Dalam pedoman dijelaskan mengenai cara pengambilan contoh, kapan contoh tanah harus diambil dan mewakili luasan berapa hektar contoh tanah tersebut diambil. Contoh tanah tersebut kemudian dikirimkan ke laboratorium uji tanah terdekat secara langsung atau melalui jasa pos. Selanjutnya di laboratorium, contoh tanah tersebut akan diproses, dianalisis dengan metode yang tepat, hasilnya akan diinterpretasikan dan diberikan rekomendasi pemupukan sesuai dengan kondisi tanah dan jenis tanaman yang akan ditanam.

Frekuensi pengambilan contoh tanah untuk tujuan rekomendasi pemupukan sangat tergantung pada tingkat pengelolaan tanah, homogenitas lahan serta jenis tanaman. Pada lahan sawah intensifikasi di Jalur Pantura yang sangat luas dan relatif datar, pengambilan contoh tanah untuk rekomendasi pupuk cukup sekali dalam waktu 2-3 tahun. Namun bila tingkat pengelolaan dan jenis tanaman yang ditanam berbeda-beda maka pengambilan contoh tanah harus dilakukan pada setiap awal musim tanam. Untuk pemberian rekomendasi pupuk pertama kali, hendaknya analisis sifat kimia tanah (hara makro dan mikro) dilakukan untuk mengetahui kondisi kesuburan tanahnya. Pada analisis tanah selanjutnya, cukup hara tertentu saja seperti P dan K.

V. PELUANG DAN KENDALA PENERAPAN UJI TANAH DALAM PEMUPUKAN BERIMBANG

5.1. Peluang

1. Pemupukan secara lebih rasional dan berimbang adalah salah satu faktor kunci untuk dapat memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian, khususnya di daerah tropika di mana kecukupan hara merupakan salah satu faktor pembatas. Penggunaan pupuk yang lebih rasional dan berimbang berarti harus memperhatikan kadar unsur hara di dalam tanah, jenis dan mutu pupuk, dan keadaan pedo-agroklimat serta mempertimbangkan unsur hara yang diperlukan tanaman untuk pertumbuhan dan produksi optimum.
2. Pendekatan ini dapat dilaksanakan dengan baik dan menguntungkan jika rekomendasi pemupukan dilandasi oleh kegiatan uji tanah dan analisis tanaman berdasarkan metodologi yang tepat dan teruji. Pendekatan uji tanah dan analisis tanaman tersebut sebagai dasar rekomendasi pemupukan telah dilaksanakan dan berhasil baik di negara-negara yang didukung oleh IPTEK yang maju dan berkembang.
3. Penghapusan subsidi pupuk pada tahun 1998 kemudian diikuti dengan terjadinya kelangkaan pupuk tunggal di lapangan serta adanya kebijakan pintu terbuka di bidang pupuk, telah memicu harga pupuk menjadi mahal dan muncul berbagai jenis dan formula pupuk baru yang belum diketahui mutu dan efektivitasnya secara teknis. Agar pupuk dapat digunakan lebih efisien dan efektif serta menguntungkan petani, maka diperlukan regulasi dan rasionalisasi di bidang pupuk dengan berorientasi pada teknologi pemupukan berimbang spesifik lokasi yang penerapannya didasarkan pada uji tanah.
4. Peluang penerapan uji tanah dalam pemupukan berimbang spesifik lokasi cukup besar, karena dengan kegiatan ini dapat ditentukan tingkat kesuburan tanah serta kebutuhan hara tanaman sehingga efisiensi penggunaan pupuk, produktivitas

lahan, dan pendapatan petani meningkat dan disisi lain menurunkan pencemaran lingkungan.

5.2. Kendala

1. Belum tersedianya sarana yang memadai seperti laboratorium uji tanah di semua daerah. Laboratorium uji tanah yang dapat melayani petani atau pengguna lainnya untuk membuat rekomendasi pemupukan berimbang spesifik lokasi baru tersedia di daerah tertentu. Untuk itu diperlukan suatu perencanaan dan pelaksanaan yang sistematis dan mantap dalam rangka penerapan uji tanah dalam pemupukan berimbang spesifik lokasi, meliputi pengadaan sarana dan prasarana yang diperlukan termasuk penyiapan perangkat lunak/model rekomendasi pemupukan.
2. SDM yang berkualitas untuk melaksanakan penerapan uji tanah dalam pemupukan berimbang spesifik lokasi belum memadai. Oleh karena itu diperlukan pembinaan berupa pelatihan-pelatihan kepada para pelaksana di lapangan.
3. Belum adanya koordinasi yang baik di antara institusi terkait serta belum adanya persamaan persepsi mengenai konsep dan pengertian uji tanah dalam pemupukan berimbang di tingkat pusat, daerah maupun di tingkat petani. Diperlukan pedoman penerapan uji tanah dalam pemupukan berimbang spesifik lokasi yang disosialisasikan mulai dari tingkat pusat, daerah hingga ke tingkat petani.
4. Penelitian pengembangan uji tanah seperti studi korelasi dan kalibrasi masih sangat terbatas. Sejauh ini hanya Puslitbangtanak yang melaksanakannya. Diperlukan dukungan kebijakan dari Badan Litbang Pertanian untuk memberikan prioritas pada penelitian uji tanah terutama di lahan kering yang masih tertinggal dibandingkan lahan sawah.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih J.S., Moersidi S., M. Sudjadi, dan A.M. Fagi. 1989. Evaluasi keperluan fosfat pada lahan sawah intensifikasi di Jawa. hlm. 63-89 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk. Cipayung, 21 Nopember 1988. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Adiningsih. J.S., Djoko Santoso, and M. Sudjadi. 1989. The status of N, P, K and S of lowland rice soils in Java. *In* Sulfur fertilizer policy for lowland and upland rice cropping system in Indonesia. Aciar Proceedings No.29.
- Adiningsih, J.S. 1992. Peranan Efisiensi Penggunaan Pupuk untuk Melestarikan Swasembada Pangan. Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2002. Penelitian Teknologi Peningkatan Produktivitas Lahan Sawah Berkelanjutan. Laporan Proyek Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Kesuburan Tanah dan Iklim. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Balai Penelitian Tanah. 2003. Petunjuk Teknis Kalibrasi Uji tanah Hara P dan K di lahan Kering untuk Tanaman Jagung. Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Cate R.B. Jr and L.A. Nelson. 1965. A Simple statistical procedure for partitioning soil test correlation into two classes. *Soil Science Society of America Proceedings* 35:858-860.
- Corey, R.B. 1987. Soil Test Procedure. *In* J.R. Brown (*Ed.*). *Soil Testing: Sampling, Correlation, Calibration, and Interpretation*. Soil Science Society of America Special Publication No. 21. SSSA, Madison, Wisconsin.
- Dahnke, W.C. and G.V. Johnson. 1990. Testing soils for available nitrogen. p. 127-137. *In* R.L. Westerman (*Ed.*). *Soil Testing and Plant Analysis*. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Dahnke, W.C. and R.A. Olson. 1990. Soil test correlation, calibration, and recommendation. p. 46-72. *In* R.L. Westerman (*Ed.*). *Soil*

- Testing and Plant Analysis. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Fox, R.L and E.J. Kamprath. 1970. Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Science Society of America Proceeding 34: 902-907.
- Fink, A. 1982. Fertilizers and Fertilization: Introduction and practical guide to crop fertilization. Verlag Chemie. Weinheim. Federal Republic of Germany.
- Fixen, P.E. and J.H. Grove. 1990. Testing soils for phosphorus. p. 141-172. *In* R.L. Westerman (*Ed.*). Soil Testing and Plant Analysis. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Haby, V.A., M.P. Russelle, and Earl O. Skogley. 1990. Testing soils for potassium, calcium, and magnesium. p.181-221. *In* R.L. Westerman (*Ed.*). Soil Testing and Plant Analysis. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Hanson, R.G. 1994. Soil Testing for Efficient Fertilizer Recommendation in Regional Research and Development. A Part of Project Pre-Appraisal. Agricultural Research Management Project. Applied Agriculture Research and Development, Jakarta.
- Kasno, A., Nurjaya, S. Suping, Asmin, A. Wahyu, dan D. Suherlan. 2000. Kalibrasi Uji Tanah Hara P dan K. Laporan Proyek Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Kesuburan Tanah dan Iklim. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Leiwakabessy, F.M. 1995. Persiapan contoh, pembuatan ekstrak dan penetapan kandungan hara dalam contoh. Bahan Pelatihan Pembinaan Uji Tanah dan Analisis Tanaman. Bogor, 23 Januari-4 Februari 1995 (Tidak dipublikasikan).
- Martens, D.C. and W.L. Lindsay. 1990. Testing soils for copper, iron, manganese, and zinc. p. 229-260. *In* R.L. Westerman (*Ed.*). Soil Testing and Plant Analysis. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Melsted, S.W., and T.R. Peck. 1972. The principles of soil testing. *In* L.M. Walsh and J.D. Beaton (*Eds.*). Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin.

- Moersidi S., D. Santoso, M. Soepartini, M. Al-Jabri, J. Sri Adiningsih, dan M. Sudjadi. 1989. Peta keperluan fosfat tanah sawah di Jawa dan Madura. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk* 8 : 13-25.
- Moersidi, S., J. Prawirasumantri, W. Hartatik, A. Pramudia, dan M. Sudjadi. 1990. Evaluasi kedua keperluan fosfat pada lahan sawah intensifikasi di Jawa. hlm. 209-221 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V. Cisarua, 12-13 Nopember 1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Nelson, L.A., and R.L. Anderson. 1977. Partitioning of soil test-crop response probability. p. 19-38. *In* Peck T.R., J.T. Cope, Jr., and D.A. Whitney (Eds.). *Soil Testing: Correlating and interpreting the analytical results*. America Society of Agronomy Special Publication No. 29. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1985. *Penilaian Angka-angka Hasil Analisa Tanah*. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1992a. *Status Kalium dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan KCl pada Tanah Sawah di Jawa Barat dan Jawa Tengah*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian tanah dan Agroklimat, Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1992b. *Status Kalium dan Peningkatan Efisiensi Pemupukan KCl pada Tanah Sawah di Jawa Timur*. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Penelitian tanah dan Agroklimat, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Rachim, A. 1995. *Pembinaan Uji Tanah Hara Makro N, P, K, S, Ca, Mg. Bahan Pelatihan Pembinaan Uji Tanah dan Analisis Tanaman*. Bogor, 23 Januari-4 Februari 1995 (Tidak dipublikasikan).
- Risser, J.A. and Baker, D.E. 1990. Testing soils for toxic metals. p. 275-298. *In* R.L. Westerman (Ed.). *Soil Testing and Plant Analysis*. Third Edition. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Rochayati, S., Mulyadi dan J. Sri Adiningsih. 1990. Penelitian efisiensi penggunaan pupuk di lahan sawah. hlm. 107-193 *dalam* Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V. Cisarua, 12-13 November 1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Rochayati, S., Enggis Tuberkih, Sutisni, Jaenudin, Nanan Sri Mulyani dan D. Mulyadi. 1997. Penelitian Pemilihan Metoda Ekstraksi P Tanah Ultisol untuk Tanaman Kedelai dan Jagung. hlm. 23-37 *dalam* Laporan Hasil Penelitian Program Pengelolaan Lahan Kering Marginal untuk Meningkatkan Produktivitas Pertanian (Tidak dipublikasikan).
- Rochayati, S., D. Setyorini, dan Sri Adiningsih. 2002. Peranan uji tanah dalam pemupukan berimbang. Paper disajikan dalam Seminar Persatuan Insinyur Indonesia. Jakarta, 9 Juli 2002 (Tidak dipublikasikan).
- Rouse, R.D. 1967. Organizing data for soil test interpretation. p. 115-123. *In* G.W. Hardy *et al* (Ed.). Soil testing and plant analysis. Part I. Soil Science Society of America. Spec. Publ.2. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Santoso, D., J. Purnomo, I.G.P. Wigena, Sukristiyonubowo, and R.D.B. Lefroy. 2000. Management of phosphorus and organic matter on an acid soil in Jambi, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim*18:64-72.
- Setyorini, D., A. Kasno, I G.M. Subiksa, D. Nursyamsi, Sulaeman, dan J. Sri Adiningsih. 1995. Evaluasi status P dan K tanah sawah intensifikasi sebagai dasar penyusunan rekomendasi pemupukan P dan K di Sumatera Barat, Sumatera Selatan, dan Kalimantan Selatan. Pembahasan Laporan Paket Teknologi Hasil Penelitian Agriculture Research Management Project Phase-I, Cisarua (Tidak dipublikasikan).
- Skogley, E.O. 1994. Reinventing soil testing for the future. Soil Testing: Prospect for Improving Nutrient recommendations. Soil Science Society of America Special Publication No. 40. Madison, Wisconsin.
- Soepartini, M., Didi Ardi, S., Tini Prihatini, W. Hartatik, dan D. Setyorini. 1990. Status kalium tanah sawah dan tanggap padi sawah terhadap pemupukan kalium. hlm. 187-208 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk. Cisarua, 12-13 Nopember 1990. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sofyan, A., M. Sedyarso, Nurjaya, dan J. Suryono. 2000. Laporan akhir penelitian status hara P dan K lahan sawah sebagai dasar penggunaan pupuk yang efisien pada tanaman pangan.

- Bagian Proyek Sumberdaya Lahan dan Agroklimat, Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Sofyan, A. D. Nursyamsi, and Istiqlal Amien. 2003. Development of Soil Testing Program in Indonesia. Proceeding Field Testing of The Integrated Nutrient Management Support System (NuMaSS) in Southeast Asia. Thailand.
- Sulaeman, Y. dan D. Nursyamsi. 2002. Perangkat lunak PKDSS: Suatu pengantar. Puslitbang Tanah dan Agroklimat. Bahan Works Shop Pembinaan Penelitian Kalibrasi Uji Tanah Hara P dan K Lahan Kering. 12 hlm (Tidak dipublikasikan).
- The Council on Soil Testing and Plant Analysis. 1974. Hand Book on Reference Methods for Soil Testing. Athens, Georgia.
- Walsh, L. and J. D. Beaton. 1973. Soil Testing and Plant Analysis. Revised Edition. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1985. Development of soil testing, principles, concepts, philosophy and methodology. Discussion paper presented at Fertilizer Efficiency Research in the Tropics Training Program. Centre for Soil Research-International Fertilizer Development Centre, Bogor.
- Widjaja-Adhi, I.P.G and J.A. Silva. 1986. Calibration of soil phosphorus test for maize on Typic Paleudults and Trapeptic Eustrustox. Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk 6 :23-25.
- Widjaja-Adhi, I.P.G. 1986. Penentuan kelas ketersediaan hara dengan metoda analisa keragaman yang dimodifikasi. Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk 5:23-28.
- Widowati, L. R., D. Nursyamsi, dan J. Sri Adiningsih. 1997. Perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan padi pada lahan sawah baru di rumah kaca. Jurnal Tanah dan Iklim 15 : 50-60.
- Widowati, L. R., dan D. Nursyamsi. 2002. Evaluasi kesuburan tanah lahan kering pada Vertisols, Inceptisols, dan Ultisols. Prosiding Pertemuan Teknis. Cisarua, 6-8 Agustus 2002 (Dalam proses).