

Metode Ekstraksi dan Kebutuhan Pupuk P Tanaman Kedelai pada Typic Kandiudox di Papanrejo, Lampung

P Extraction Method and Fertilizer Requirement of Soybean on Typic Kandiudox in Papanrejo, Lampung

D. NURSYAMSI, M.T. SUTRIADI, DAN U. KURNIA¹

ABSTRAK

Percobaan lapang untuk menentukan metode ekstraksi terbaik, kelas ketersediaan hara, dan rekomendasi pupuk P untuk kedelai telah dilaksanakan pada Typic Kandiudox di Papanrejo, Lampung. Penelitian menggunakan pendekatan lokasi tunggal dan terdiri dari 2 tahapan. Tahap pertama pada musim kering 2002 adalah membuat status hara buatan dengan pemberian pupuk P : OX (sangat rendah), 1/4X (rendah), 1/2X (sedang), 3/4X (tinggi), dan X (sangat tinggi), dimana X adalah jumlah P yang diperlukan untuk mencapai $0,2 \mu\text{g P l}^{-1}$ larutan tanah. Tahap kedua pada musim hujan 2002/2003 adalah percobaan pemupukan P di setiap status hara P yang dihasilkan dari tahap pertama dengan pemberian P: 0, 20, 40, 80 dan 160 kg P ha⁻¹ dari SP-36 dan diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengestrak Mehlich, Olsen, Truogh, Bray 1 dan Bray 2 dapat digunakan untuk menduga kebutuhan P tanaman kedelai pada Typic Kandiudox. Diantara semua pengestrak tersebut, pengestrak Bray 1 dinyatakan sebagai pengestrak terbaik. Kelas ketersediaan hara P terekstrak Bray 1 adalah: rendah (<8 ppm P₂O₅), sedang (8–20 ppm P₂O₅), dan tinggi (>20 ppm P₂O₅), sedangkan terekstrak Bray 2 adalah <12, 12–36, dan >36 ppm P₂O₅ masing-masing untuk kelas rendah, sedang, dan tinggi. Rekomendasi pupuk P untuk kedelai pada tanah Typic Kandiudox yang mempunyai kelas hara P rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut adalah 58, 45, dan 16 kg P ha⁻¹ atau setara dengan 355, 279, dan 97 kg SP-36 ha⁻¹.

Kata kunci : Pupuk P, kedelai, Typic Kandiudox

ABSTRACT

Field experiment to select extraction method, determine nutrient availability class, and estimate P fertilizer recommendation for soybean on Typic Kandiudox was conducted in Papanrejo, Lampung. The experiment applied single location approach with two steps of activities. The first step conducted in dry season 2002 was to make artificial soil P status by adding P: OX (very low), 1/4X (low), 1/2X (medium), 3/4X (high), and X (very high status), where X was amount of P required to attain $0,2 \mu\text{g P l}^{-1}$ in soil solution. The second step, conducted in the following season (wet season 2002/2003), was P treatment in each artificial soil P status by using P fertilizer: 0, 20, 40, 80, and 160 kg P ha⁻¹ from SP-36 with 3 replicates. The result showed that Mehlich, Olsen, Truogh, Bray 1, and Bray 2 could be used to estimate P fertilizer requirement for soybean on Typic Kandiudox. Among the extractions, Bray 1 was the best. The levels of soil P availability extracted using Bray 1 were classified into: low (<8 ppm P₂O₅), medium (8–20 ppm P₂O₅), and high (>20 ppm P₂O₅), while soil P availability extracted using

Bray 2 were <12, 12–36, and >36 ppm P₂O₅ for low, medium, and high classes, respectively. P fertilizer recommendation for soybean on Typic Kandiudox with low, medium, and high soil P availability classes was 58, 45, and 16 kg P ha⁻¹ or equal to 355, 279, and 97 kg SP-36 ha⁻¹, respectively.

Key words : P fertilizer, soybean, Typic Kandiudox

PENDAHULUAN

Selain ditentukan oleh faktor tanah, kebutuhan pupuk P tanaman juga tergantung faktor tanaman. Berdasarkan responnya terhadap pemberian P, tanaman ada yang toleran dan ada pula yang sensitif. Tanaman toleran P adalah tanaman yang masih dapat tumbuh dengan baik walaupun kadar P tanah rendah. Termasuk dalam kelompok ini adalah: singkong, kacang tanah, dan lain-lain. Sebaliknya tanaman sensitif P adalah tanaman yang pertumbuhannya akan terganggu apabila kadar P tanah rendah, misalnya: kedelai, tomat, selada, dan lain-lain (Havlin *et al.*, 1999). Tanaman toleran P memerlukan pupuk P dalam jumlah yang sedikit untuk mencapai hasil optimum sedangkan tanaman sensitif P memerlukan jumlah yang lebih banyak (Nursyamsi *et al.*, 2003).

Penelitian pemupukan P telah banyak dilakukan, baik oleh lembaga penelitian, perguruan tinggi, maupun institusi terkait lainnya. Namun demikian, penelitian tersebut umumnya hanya mempelajari respon tanaman terhadap pupuk (pendekatan agronomis) dan tidak memperhatikan status dan dinamika hara dalam tanah. Karena itu, rekomendasi pupuk yang dihasilkan sebenarnya hanya berlaku di tanah tempat percobaan dan pada

1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor

kondisi tanah saat percobaan berlangsung. Pada kenyataannya, seringkali ditemukan anjuran pemupukan yang seharusnya hanya berlaku di satu tempat saja, namun digunakan juga di tempat lain yang kondisi tanahnya berbeda (Anonymous, 2002). Akibatnya pemupukan menjadi tidak rasional, seperti yang terjadi di lahan sawah irigasi dimana penggunaan pupuk P untuk tanaman padi cenderung berlebih. Sebaliknya, lahan sawah non irigasi dan lahan kering, yang memerlukan pupuk lebih banyak, dipupuk dalam jumlah yang lebih sedikit.

Pemupukan yang rasional dan berimbang dapat dicapai dengan memperhatikan status dan dinamika hara tanah serta kebutuhan tanaman akan hara tersebut untuk mencapai produksi optimum. Pendekatan ini dapat dilaksanakan dengan baik dan menguntungkan bila rekomendasi pemupukan dilandasi oleh hasil penelitian uji tanah. Penelitian uji tanah dapat memberikan rekomendasi pupuk suatu tanaman pada berbagai kondisi status hara tanah (rendah, sedang, dan tinggi). Rekomendasi ini dapat digunakan di tanah-tanah lainnya yang mempunyai tingkat famili yang sama.

Menentukan status hara tanah (apakah kahat, cukup, atau berlebih) dapat dilakukan dengan menggunakan pengekstrak yang tepat. Banyak bahan pengekstrak yang dapat digunakan untuk menetapkan tingkat kemampuan tanah dalam menyediakan P bagi tanaman, tetapi tidak selalu sesuai dengan jenis tanah, tingkat budidaya, dan keadaan lingkungan (iklim). Penelitian korelasi uji tanah dapat menentukan metode ekstraksi yang sesuai untuk berbagai komoditas pada berbagai jenis tanah. Widjaja-Adhi dan Widjik (1984) melaporkan bahwa Bray 1 adalah pengekstrak terbaik untuk penetapan status P tanah Hydric Dystrandepts untuk tanaman kentang diantara pengekstrak Bray 2, *Double Acid*, Truogh, air, atau 0,01 CaCl₂. Pengekstrak HCl 25% merupakan pengekstrak terbaik yang ditunjukkan oleh tingginya korelasi antara kadar P tanah dengan persentase hasil jagung (Santoso dan Al-Jabri, 1977) dan padi sawah (Nursyamsi *et al.*, 1994). Al-Jabri *et al.* (1984) melaporkan bahwa pengekstrak modifikasi Truogh,

HCl 25%, dan Bray 1 merupakan pengekstrak cukup baik (diantara 6 pengekstrak yang diteliti, yakni: HCl 25%, modifikasi Truogh, Bray 1, Bray 2, Olsen dan air) untuk padi gogo pada tanah masam.

Penelitian kalibrasi uji tanah dapat menentukan batas kritis, kelas ketersediaan hara, dan rekomendasi pupuk pada tanah tertentu untuk suatu tanaman. Penelitian yang dilaksanakan pada tanah Typic Paleudults menunjukkan bahwa batas kritis P untuk jagung adalah 3,5 ppm P (dengan metode Olsen), 5 ppm P (Bray-1) dan 6 ppm (Trough yang dimodifikasi). Untuk jagung yang ditanam pada tanah Tropeptic Eutruxox diperoleh batas kritis sebesar 5 ppm P (metode Olsen dan Bray-1) serta 12 ppm P (Trough yang dimodifikasi) (Widjaja-Adhi dan Silva, 1986). Batas kritis hara P untuk tanaman kentang dengan pengekstrak Bray-1 adalah 20 µg P per g tanah. Untuk tanaman padi gogo pada tanah Ultisols Lampung dan Sitiung, pengekstrak Truogh dimodifikasi terpilih sebagai metode terbaik dan ketersediaan hara dibagi menjadi tiga kelas: rendah, sedang, dan tinggi dengan kadar masing-masing <7,5; 7,5-15; dan >15 ppm P (Widjaja-Adhi, 1986).

Bertitik tolak dari pemikiran di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menetapkan metode ekstraksi P tanah terbaik, (2) menentukan kelas ketersediaan hara P tanah, dan (3) menyusun rekomendasi pupuk P untuk tanaman kedelai pada Typic Kandiodox.

BAHAN DAN METODE

Percobaan lapang dilaksanakan di lahan kering milik petani pada tanah Typic Kandiodox di Desa Papanrejo, Kecamatan Abung Timur, Kabupaten Lampung Utara, Propinsi Lampung. Lokasi percobaan ditetapkan berdasarkan kadar P-Bray 1 dan P-HCl 25% tanah lapisan atas (0-20 cm) sangat rendah. Percobaan dilaksanakan selama dua musim berturut-turut, yakni musim kering 2002 dan musim hujan 2002/2003. Sifat-sifat tanah dari profil yang berada di lokasi percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat tanah Typic Kandiudox di lokasi percobaan lapang*Table 1. Soil properties of Typic Kandiudox of the field experimental site*

Sifat-sifat tanah	Satuan	Kedalaman tanah						
		0-10	10-33	33-55	55-85	85-97	97-136	136-160
		 cm						
Tekstur								
Pasir	%	19,2	14,8	11,1	11,6	10,8	12,3	
Debu	%	12,9	10,0	9,1	10,0	9,4	11,1	
Liat	%	67,9	75,2	79,8	78,4	79,8	76,6	
pH								
H ₂ O (1:2,5)		4,7	4,4	4,4	4,4	4,3	4,4	4,3
KCl (1:2,5)		4,2	4,1	4,1	4,1	4,1	4,1	4,0
Bahan organik								
C	%	2,04	0,89	0,59	0,37	0,35	0,42	0,38
N	%	0,19	0,10	0,07	0,05	0,05	0,05	0,06
C/N		10,74	8,90	8,43	7,40	7,00	8,40	6,33
Hara potensial (HCl 25%)								
P ₂ O ₅	mg/100 g	7	5	7	6	6	8	8
K ₂ O	mg/100 g	5	4	4	2	2	3	5
P-Bray 1	ppm P ₂ O ₅	3,2	1,1	0,5	0,5	0,8	0,6	0,3
Retensi P-KH ₂ PO ₄	%	28,3	26,1	34,9	38,5	35,3	36,9	36,9
Kation dapat tukar								
Ca	cmol _c kg ⁻¹	2,61	1,13	0,79	0,33	0,62	0,53	0,42
Mg	cmol _c kg ⁻¹	1,12	0,49	0,46	0,23	0,28	0,35	0,26
K	cmol _c kg ⁻¹	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
Na	cmol _c kg ⁻¹	0,09	0,08	0,00	0,02	0,07	0,15	0,07
Jumlah	cmol _c kg ⁻¹	3,87	1,73	1,25	0,58	0,97	1,03	0,77
KTK tanah	cmol _c kg ⁻¹	9,00	5,68	4,64	3,48	3,60	3,71	5,35
KB	%	43	30	27	17	27	28	14
Kemasaman								
Al _{dd}	cmol _c kg ⁻¹	0,44	1,15	1,44	1,58	1,53	1,45	1,49
H _{dd}	cmol _c kg ⁻¹	0,25	0,29	0,26	0,35	0,26	0,23	0,32
KTK liat	cmol _c kg ⁻¹	9,19	7,55	5,81	4,44	4,51	4,84	

Percobaan kalibrasi uji P tanah

Penelitian menggunakan pendekatan lokasi tunggal dan terdiri dari 2 tahapan. Tahap pertama membuat status hara buatan dari sangat rendah hingga sangat tinggi pada MK 2002. Status hara buatan dibuat dengan pemberian pupuk P dengan dosis OX (sangat rendah), $\frac{1}{4}$ X (rendah), $\frac{1}{2}$ X (sedang), $\frac{3}{4}$ X (tinggi), dan X (sangat tinggi) pada petak perlakuan yang berukuran 25 m x 6 m dan diulang 3 kali. X adalah jumlah P yang diperlukan untuk mencapai kadar 0,2 µg P per liter tanah

menurut Fox dan Kamprath (1970), yakni sebesar 1.200 kg SP-36 ha⁻¹. Pupuk dasar yang digunakan adalah: 50 kg urea, 150 kg KCl, 2 ton pupuk kandang, dan kapur 610 kg ha⁻¹. Pupuk kandang dan kapur diberikan sebelum pengolahan tanah pertama, sedangkan pupuk urea dan KCl diberikan setelah pengolahan tanah kedua. Selanjutnya benih kedelai ditanam pada jarak tanam 40 cm x 15 cm dengan dua biji per lubang.

Tahap kedua adalah percobaan pemupukan P di setiap status hara P tanah (hasil dari tahap

pertama) pada (MH 2002/2003) dengan membagi setiap petak perlakuan menjadi 5 bagian masing-masing berukuran 5 m x 6 m. Pupuk P diberikan 5 taraf, masing-masing: 0, 20, 40, 80 dan 160 kg P ha⁻¹ dari SP-36.

Sebelum pemupukan, contoh tanah komposit diambil dari setiap petak perlakuan status hara P tanah untuk analisis di laboratorium. Tinggi tanaman diukur pada saat tanaman berumur 30 hari setelah tanam (HST), sedangkan panen dilakukan pada umur 90 HST. Selanjutnya, biji kedelai dipisahkan dari brangkasan dan polong, dikeringkan, dan ditimbang.

Pemilihan metode ekstraksi P tanah

Contoh tanah komposit dari setiap petak perlakuan status hara P tanah buatan dianalisis dengan beberapa metode ekstraksi, yaitu: Mehlich, Truogh, HCl 25%, Olsen, Bray 1, Bray 2, dan Colwell. Parameter prosedur analisis P masing-masing pengeksrak tersebut disajikan pada Tabel 2. Respon tanaman terhadap pemberian P dinyatakan sebagai persen hasil (%Y), yaitu hasil tanaman tanpa pemberian P (Y₀) dibagi dengan hasil tanaman maksimum pada perlakuan P (Y_{max} dikali 100%). Selanjutnya data uji tanah dari setiap metode ekstraksi P tanah dikorelasikan dengan persen hasil

tanaman. Kriteria untuk pengeksrak yang sesuai (terpilih) adalah metode ekstraksi yang mempunyai nilai koefisien korelasi nyata pada taraf 5%.

Penentuan kelas ketersediaan hara P tanah

Kelas ketersediaan hara P tanah ditentukan dengan metode analisis keragaman yang dimodifikasi (Nelson dan Anderson, 1977). Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- 1) Menghitung $\Delta Y_{maks} = (Y_{maks} - Y_0)$.
- 2) Menyusun data menurut peningkatan nilai uji tanah.
- 3) Mengelompokkan data ke dalam beberapa kelompok ΔY_{maks} . Dasar pertimbangan yang digunakan dalam menarik batas sub kelompok adalah: (a) ΔY_{maks} harus mempunyai penurunan cukup besar antara nilai sebelah menyebelah batas pemisah dan rata-rata ΔY_{maks} harus naik, (b) batas pemisah tidak ditarik antara dua nilai uji tanah yang sama atau hampir sama, dan (c) anggota kelompok sekurang-kurangnya dua.
- 4) Menghitung pasangan data (n_i), simpangan baku (S_i), dan rata-rata $\Delta Y_{maks i}$ dari kelompok ke-i dan S gabungan (*pooled S*) dari semua kelompok.

Tabel 2. Parameter prosedur analisis P tanah dengan beberapa metode ekstraksi

Table 2. Parameters of soil P analytical procedures using several extraction methods

Metode ekstraksi	Lingkup penerapan	Berat contoh	Pengeksrak		Pengocokan			Metode penetapan P dalam ekstrak
			Volume	Larutan	Waktu	Kecepatan	Gerakan	
Mehlich	TM	g 5	ml 25	0,05 N HCl dlm 0,025 N H ₂ SO ₄	menit 5	rpm 180	Bolak-balik	Biru molibdenum
Truogh HCl 25%	TM, TN	0,5	50	0,002 N H ₂ SO ₄	30	180	Bolak-balik	Biru molibdenum
	TM, TN, TA	2	10	HCl 25%	300	180	Bolak-balik	Biru molibdenum
Olsen	TM, TA	1	20	0,5 M NaHCO ₃ pH 8,5	30	180	Bolak-balik	Biru molibdenum
Bray 1	TM	2,5	25	0,03 N NH ₄ F dlm 0,0025 N HCl	5	180	Bolak-balik	Biru molibdenum
Bray 2	TM	2,5	25	0,03 N NH ₄ F dlm 0,1 N HCl	5	180	Bolak-balik	Biru molibdenum
Colwell	TM, TA	1	20	0,5 M NaHCO ₃ pH 8,5	960	180	Bolak-balik	Biru molibdenum

Keterangan: TM = tanah masam; TN = tanah netral; TA = tanah alkalin

- 5) Menguji perbedaan antara dua ΔY_{maks} rata-rata dari kelompok yang berurutan dengan uji t-student satu arah dengan rumus :

$$t = (\Delta Y_{maks,i} - \Delta Y_{maks,i+1}) / S(1/n_i + 1/n_{i+1})^{0,5}$$

Bila perbedaan ΔY_{maks} rata-rata antara dua kelompok yang berurutan tidak nyata, maka kedua kelompok digabung menjadi satu. Berdasarkan jumlah kelompok baru, prosedur kembali ke langkah 4 dan terus ke langkah 5. Hal ini diulang terus sampai perbedaan nyata dari nilai rata-rata antara dua kelompok yang berurutan.

Penyusunan rekomendasi pemupukan P

Data respon tanaman terhadap pemupukan P pada setiap tingkat status hara P tanah diperoleh dari percobaan kalibrasi. Kurva respon umum dari setiap kelas uji tanah ditentukan dengan menggunakan analisis regresi. Analisis regresi terhadap berat biji kering dari tiap kelompok uji tanah dihitung dengan menggunakan metode kuadrat terkecil (*ordinary least square*), yaitu dengan meminimumkan jumlah kuadrat dari sisaan. Asumsi yang mendasari metode ini adalah sisaannya menyebar normal, bebas dan ragam sama. Persamaan garis regresi tersebut adalah:

$$Y = a + bX + cX^2$$

dimana : a, b, c = koefisien regresi, X = dosis pupuk P (kg P ha⁻¹), dan Y = hasil biji kering (t ha⁻¹).

Kurva respon umum dari masing-masing kelas uji tanah dibuat dalam satu grafik dan dosis pupuk P optimum dihitung. Asumsi dalam menghitung dosis optimum adalah hasil optimum tercapai pada saat 90% hasil maksimum. Dengan demikian maka dosis optimum adalah takaran pupuk P untuk mencapai 90% hasil maksimum.

Tabel 3. Pengaruh pemberian P terhadap tinggi tanaman dan hasil biji kering

Table 3. Effect of P application on plant height and dry grain yield

Status P tanah	Takaran P	Tinggi tanaman	Hasil biji kering
	kg P ha ⁻¹	cm	t ha ⁻¹
Sangat rendah	0	30,4 c	0,42 c
Sangat rendah	20	33,8 c	1,13 b
Sangat rendah	40	42,0 b	1,98 a
Sangat rendah	80	44,8 b	2,18 a
Sangat rendah	160	55,3 a	2,24 a
CV (%)		12	16
Rendah	0	41,2 b	1,47 c
Rendah	20	42,8 b	1,96 b
Rendah	40	46,6 b	2,20 b
Rendah	80	51,7 ab	2,29 b
Rendah	160	59,9 a	2,70 a
CV (%)		18	20
Sedang	0	48,6 b	1,63 c
Sedang	20	51,1 b	2,13 b
Sedang	40	50,1 b	2,38 ab
Sedang	80	52,7 b	2,61 a
Sedang	160	57,2 a	2,69 a
CV (%)		11	18
Tinggi	0	47,4 b	2,09 b
Tinggi	20	50,0 b	2,21 ab
Tinggi	40	51,7 b	2,47 a
Tinggi	80	52,9 b	2,36 ab
Tinggi	160	61,2 a	2,03 b
CV (%)		20	16
Sangat tinggi	0	53,6 b	2,21 a
Sangat tinggi	20	51,4 b	2,49 ab
Sangat tinggi	40	56,2 b	2,22 a
Sangat tinggi	80	57,7 b	2,38 a
Sangat tinggi	160	62,3 b	2,98 b
CV (%)		14	20

Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat tanah

Sifat fisik-kimia dari profil tanah di lokasi percobaan disajikan pada Tabel 1. Tanah tersebut mempunyai kadar liat di lapisan atas (0-10 cm) 67,9% dan meningkat menjadi 75,2% (10-33 cm) hingga 79,8% (85-97 cm). Hal tersebut

menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan kadar liat sekitar 7,3 hingga 11,9%. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah berkisar antara 3,48 di kedalaman 55-85 cm hingga 9 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ di lapisan atas. Bila diasumsikan bahwa KTK C-organik tanah sebesar 250 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (Havlin *et al.*, 1999) maka KTK liat berkisar antara 3,25 hingga 5,74 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Sementara itu, kapasitas tukar kation efektif (KTKE) tanah berkisar antara 2,16 (55-85 cm) hingga 4,31 (0-10 cm). Dengan demikian maka KTKE liatnya adalah antara 2,76 hingga 6,35 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Tanah tersebut di atas mempunyai KTK liat $< 16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, dan KTKE liat $< 12 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ dan mengindikasikan bahwa tanah ini memiliki horizon oksik sehingga termasuk ordo Oxisols (Soil Survey Staff, 1998).

Tanah Oxisols adalah tanah yang telah mengalami pelapukan lanjut, kaya seskuioksida (oksida Al dan Fe), dan banyak terdapat di daerah sekitar khatulistiwa (Hardjowigeno, 1993). Menurut Tan (1998), oksida Al dan Fe termasuk sumber muatan tergantung pH (*pH dependent charge*) yang dapat menyerap P menjadi bentuk tidak tersedia baik melalui mekanisme jerapan spesifik (*specific adsorption*) atau ikatan kovalen koordinat maupun jerapan tidak spesifik (*non specific adsorption*) atau ikatan elektrostatis. Dengan demikian maka ketersediaan P tanah dan kebutuhan pupuk P tanaman sangat tergantung kepada aktivitas dari mineral oksida tersebut.

Respon tanaman terhadap P

Pengaruh pemberian P terhadap tinggi tanaman umur 30 HST dan hasil biji kering di masing-masing perlakuan status hara disajikan pada Tabel 3. Pemberian P nyata meningkatkan tinggi tanaman pada perlakuan status P tanah sangat rendah, rendah, sedang, dan tinggi, tetapi tidak nyata pada perlakuan status hara sangat tinggi. Sedangkan terhadap hasil biji kering nyata pada semua perlakuan status hara P tanah, tetapi kenaikan hasil akibat pemberian P menurun dengan semakin meningkatnya status P tanah. Hal ini menunjukkan bahwa pada semua kondisi status hara (sangat rendah sampai sangat tinggi), tanah

memerlukan pupuk P untuk memberikan pertumbuhan tanaman yang optimum. Namun demikian, kebutuhan pupuk P tersebut tampak semakin menurun dengan meningkatnya status hara P tanah. Atau dengan kata lain tanah berstatus hara rendah memerlukan pupuk P lebih banyak dibandingkan tanah berstatus hara tinggi.

Metode ekstraksi P tanah

Nilai uji P tanah terekstrak beberapa metode ekstraksi dan persen hasil tanaman kedelai akibat pemberian pupuk P pada berbagai perlakuan status P tanah disajikan pada Tabel 4. Nilai uji P tanah terekstrak Mehlich, Truog, HCl 25%, Olsen, Bray 1, Bray 2, dan Colwell umumnya meningkat dengan semakin meningkatnya perlakuan status hara P tanah. Sejalan dengan itu, persen hasil tanaman juga meningkat dengan meningkatnya perlakuan status hara P atau nilai uji P tanah. Namun demikian, ada kalanya nilai uji P tanah atau persen hasil tanaman menurun dengan meningkatnya perlakuan status hara P tanah. Seperti halnya pada perlakuan status P tanah sangat tinggi ulangan I, kadar P-Bray 1 dan Bray 2 berturut-turut hanya 30 dan 5 ppm P_2O_5 . Nilai tersebut lebih kecil bila dibandingkan dengan perlakuan status P sedang ulangan I yang berkadar P Bray 1 dan Bray 2 masing-masing 37 dan 11 ppm P_2O_5 . Selang waktu antara pemberian pupuk P (awal musim tanam I) dan pengambilan contoh tanah (awal musim II) sekitar 7 bulan. Selama waktu inkubasi tersebut diharapkan kondisi tanah dapat mencapai *steady state*, dimana P dari pupuk yang diberikan berubah menjadi P tanah. Namun demikian, faktor heterogenitas tanah berpengaruh terhadap kadar dan dinamika P tanah sehingga berpengaruh pula terhadap pertumbuhan tanaman.

Hasil analisis P tanah dengan beberapa pengestrak dan persen hasil tanaman pada berbagai perlakuan status hara P tanah serta korelasi kedua faktor tersebut disajikan pada Tabel 4. Tabel tersebut menunjukkan bahwa koefisien korelasi (*r*) antara nilai uji P tanah dengan persen hasil tanaman adalah nyata untuk pengestrak Mehlich, Truog, dan Olsen, sangat nyata untuk Bray 1 dan Bray 2, dan tidak nyata untuk HCl 25% dan Colwell. Diantara semua pengestrak tersebut, pengestrak Bray 1 ternyata mempunyai nilai *r* tertinggi (0,68).

Tabel 4. Nilai koefisien antara persen hasil tanaman dengan kadar P-tanah terekstrak berbagai metode*Table 4. Coefficient correlation between crop yield and soil P content extracted using several methods*

Perlakuan status P tanah	Ulangan	Kadar P ₂ O ₅ tanah dengan pengestrak							Persen hasil
		Mehlich	Truogh	HCl 25%	Olsen	Bray 1	Bray 2	Colwel I	
		ppm							%
Sangat rendah	I	2	4	109	7	6	7	31	20
Sangat rendah	II	3	3	142	11	5	6	33	14
Sangat rendah	III	2	7	125	7	6	10	33	17
Rendah	I	10	14	180	16	19	35	34	55
Rendah	II	3	4	143	11	11	30	33	50
Rendah	III	4	11	142	11	9	14	30	58
Sedang	I	35	67	554	58	37	111	57	40
Sedang	II	8	21	216	22	21	42	34	74
Sedang	III	9	11	207	18	19	30	50	61
Tinggi	I	13	29	309	41	51	69	54	78
Tinggi	II	35	63	321	40	40	80	43	87
Tinggi	III	41	67	321	47	55	74	54	86
Sangat tinggi	I	18	63	243	33	30	55	37	60
Sangat tinggi	II	55	84	409	76	75	119	83	68
Sangat tinggi	III	42	81	341	35	42	112	40	97
Koefisien korelasi (r)		0,60*	0,62*	0,45	0,51*	0,68**	0,64**	0,35	

*nyata pada taraf 5%; **nyata pada taraf 1%; $r_{0.05 (15)} = 0,49$; $r_{0.01 (15)} = 0,62$

Tidak semua pengestrak dapat memberikan nilai uji tanah yang baik untuk suatu tanaman pada tanah tertentu (Nursyamsi dan Sutriadi, 2002). Berdasarkan nilai *r* tersebut di atas, pengestrak HCl 25% dan Colwell tidak sesuai untuk menduga kebutuhan P tanaman kedelai pada tanah Typic Kandiuodex. Sebaliknya pengestrak Mehlich, Olsen, Truogh, Bray 1, dan Bray 2 dapat digunakan untuk menduga kebutuhan P tanaman kedelai pada tanah tersebut. Sementara itu diantara semua pengestrak tersebut, pengestrak Bray 1 yang mempunyai nilai *r* tertinggi dinyatakan sebagai pengestrak terbaik. Hasil tersebut selaras dengan hasil studi korelasi hara P di tanah Inceptisols Subang, Jawa Barat yang menunjukkan bahwa pengestrak Bray 1 dan Olsen merupakan pengestrak yang sesuai untuk kedelai (Nursyamsi dan Sutriadi, 2002). Penelitian lainnya untuk jagung yang dilaksanakan di tanah Oxisols Pelaihari menunjukkan bahwa pengestrak Bray 1 dan HCl 25% merupakan pengestrak terpilih (Nursyamsi *et al.*, 2001).

Pengestrak Bray 1 dan Bray 2 yang mempunyai pereaksi NH₄F dan HCl umumnya sesuai untuk menduga status P pada tanah-tanah masam

yang banyak mengandung P dalam bentuk Al-P dan Fe-P (Olsen dan Sommers, 1982). Ion F⁻ dalam pengestrak tersebut dapat membebaskan P dari bentuk Al-P dan Fe-P pada permukaan mineral dan membentuk ikatan kompleks AlF₆³⁻ atau FeF₆³⁻. Selain itu ion H⁺ juga berperan dalam meningkatkan kelarutan P yang berasal dari kedua bentuk P tersebut.

Kelas ketersediaan P tanah

Kelas ketersediaan hara dan rekomendasi pemupukan P disusun berdasarkan pengestrak yang memiliki nilai *r* tinggi atau sangat nyata, yaitu Bray 1 dan Bray 2. Kalibrasi uji tanah untuk menetapkan batas kritis hara P tanah berdasarkan pengestrak Bray 1 dan Bray 2 masing-masing disajikan pada Tabel 5 dan 6. Tabel tersebut menunjukkan bahwa nilai uji tanah Bray 1 (Tabel 5) dan Bray 2 (Tabel 6) yang semakin meningkat menyebabkan selisih hasil tanaman akibat pemberian P (ΔY_{max}) menurun. Bahkan pada saat nilai uji tanah Bray 1 dan Bray 2 masing-masing 42 dan 112 ppm P₂O₅, selisih hasil tanaman hanya 0,07 ku ha⁻¹. Hal ini menunjukkan bahwa respon tanaman terhadap

pupuk pada tanah-tanah yang memiliki nilai uji P tanah rendah akan tinggi. Sebaliknya, respon tanaman akan rendah pada tanah yang berkadar P tinggi. Akibatnya tanaman di tanah yang berkadar P rendah memerlukan pupuk yang lebih banyak daripada tanah berkadar P tinggi.

Hasil penetapan batas kritis hara P tanah untuk kedelai berdasarkan pengestrak Bray 1 adalah 8 dan 20 ppm P_2O_5 (Tabel 5). Sementara itu, pengestrak Bray 2 menghasilkan batas kritis 12 dan 36 ppm P_2O_5 (Tabel 6). Di dalam menetapkan batas kritis, perlakuan $\frac{1}{2}X$ ulangan I dan $1X$ ulangan II tidak dimasukkan dalam analisis karena data tersebut termasuk pencilan. Perlakuan tersebut memiliki nilai uji P tanah terekstrak Bray 1 dan Bray 2 tergolong tinggi dan selisih hasil tanaman yang tinggi pula. Perlakuan $\frac{1}{2}X$ ulangan I dan $1X$ ulangan II mempunyai kadar P Bray 1 masing-masing 37 dan 75 ppm P_2O_5 , sedangkan kadar P Bray 2 masing-masing 111 dan 119 ppm P_2O_5 (Tabel 4). Sementara itu, selisih hasil tanaman kedua perlakuan tersebut berturut-turut adalah 1,84 dan 1,18 $ku\ ha^{-1}$. Batas kritis hara P terekstrak Bray 2 yang lebih besar daripada Bray 1 disebabkan karena kemampuan pengestrak Bray 2 dalam membebaskan P tanah lebih kuat daripada peng-

ekstrak Bray 1. Hal ini erat kaitannya dengan konsentrasi pereaksi HCl pada Bray 2 adalah empat puluh kali lebih tinggi daripada Bray 1, yakni berturut-turut 0,1 N dan 0,0025 N (Tabel 2).

Berdasarkan batas kritis tersebut, kelas ketersediaan hara P terekstrak Bray 1 dapat ditetapkan sebagai berikut : rendah, sedang, dan tinggi masing-masing untuk tanah yang berkadar P <8, 8–20, dan >20 ppm P_2O_5 . Demikian pula ketersediaan hara P terekstrak Bray 2 adalah: rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut untuk tanah yang berkadar P <12, 12–36, dan >36 ppm P_2O_5 (Tabel 7). Kelas ketersediaan hara yang rendah menunjukkan bahwa respon tanaman terhadap pemupukan P tinggi. Sebaliknya kelas ketersediaan hara yang tinggi menunjukkan bahwa tanaman memiliki respon yang rendah atau bahkan tidak respon terhadap pemupukan P. Sedangkan kelas ketersediaan hara sedang menunjukkan bahwa tingkat respon tanaman berada diantara kelas hara rendah dan tinggi. Tingkat respon tanaman erat kaitannya dengan kebutuhan pupuk P suatu tanaman. Apabila respon tanaman terhadap pupuk makin tinggi maka kebutuhan pupuk untuk mencapai produksi optimum juga semakin tinggi.

Tabel 5. Batas kritis hara P tanah Typic Kandiodox untuk kedelai dengan pengestrak Bray 1

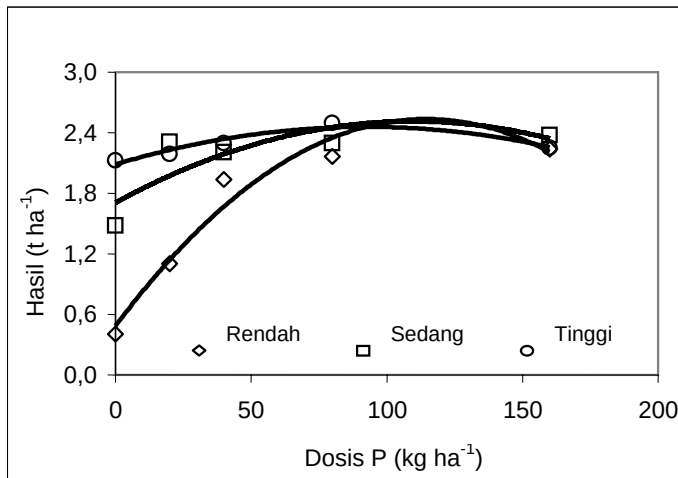
Table 5. Critical limit of P content in Typic Kandiodox for soybean extracted using Bray 1

Perlakuan	Ulangan	Bray 1	ΔY_{max}	$\frac{\Delta Y_{max}}{\text{rata-rata}}$	n_i	S_i	$S_{gabungan}$	t_{hitung}	t_{tabel}	Batas kritis
		ppm P_2O_5	 $ku\ ha^{-1}$							ppm P_2O_5
0 X	II	5	2,07	1,980	3	0,241	0,524	2,361	2,360	8
0 X	I	6	1,71						3,355	
0 X	III	6	2,16							
1/4 X	III	9	1,03	1,035	4	0,008	0,368	2,258	2,220	20
1/4 X	II	11	1,03						3,169	
1/4 X	I	19	1,04							
1/2 X	III	19	1,04							
1/2 X	II	21	0,68	0,498	6	0,325				
1 X	I	30	1,00							
3/4 X	II	40	0,32							
1 X	III	42	0,07							
3/4 X	I	51	0,57							
3/4 X	III	55	0,35							

Tabel 6. Batas kritis hara P tanah Typic Kandiudox untuk kedelai berdasarkan pengestrak Bray 2

Table 6. Critical limit of P content in Typic Kandiudox for soybean extracted using Bray 2

Perlakuan	Ulangan	Bray 2	$\Delta Y_{\max}$	$\frac{\Delta Y_{\max}}{\text{rata-rata}}$	n_i	S_i	S_{gabungan}	t_{hitung}	t_{tabel}	Batas kritis
		ppm P_2O_5	 $ku\ ha^{-1}$							ppm P_2O_5
0 X	II	6	2,07	1,980	3	0,241	0,524	2,361	2,360	12
0 X	I	7	1,71						3,355	
0 X	III	10	2,16							
1/4 X	III	14	1,03	1,035	4	0,008	0,368	2,258	2,220	36
1/4 X	II	30	1,03						3,169	
1/4 X	III	30	1,04							
1/2 X	I	35	1,04							
1/2 X	II	42	0,68	0,498	6	0,325				
1 X	I	55	1,00							
1/2 X	I	69	0,57							
3/4 X	III	74	0,35							
1 X	II	80	0,32							
3/4 X	III	112	0,07							



Gambar 1. Kurva respon umum tanaman kedelai terhadap pemupukan P pada masing-masing kelas hara P tanah Typic Kandiudox

Figure 1. Generalized response curve of soybean to P application at each soil P class of Typic Kandiudox

Rekomendasi pemupukan P

Berdasarkan sebaran respon tanaman terhadap pemupukan, maka kurva respon umum tanaman (*generalized curve*) terhadap pemupukan P ditetapkan pada masing-masing kelas hara P tanah (Gambar 1). Kebutuhan pupuk tanaman adalah jumlah pupuk yang diperlukan untuk mencapai dosis optimum. Dosis optimum diasumsikan sebagai dosis pupuk pada saat hasil tanaman mencapai 90% dari hasil maksimum. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa tanaman kedelai pada tanah Typic Kandiudox yang mempunyai kelas hara P rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut memerlukan 58, 45, dan 16 kg P ha^{-1} . Dosis pupuk tersebut masing-masing setara dengan 355, 279, dan 97 kg SP-36 ha^{-1} (Tabel 8). Tanah dengan kelas hara rendah mempunyai respon yang tinggi terhadap pemupukan. Oleh karena itu tanah tersebut perlu diberi pupuk dalam jumlah banyak. Sebaliknya tanah

dengan kelas hara tinggi tidak respon terhadap pemupukan sehingga tanah tersebut hanya memerlukan sedikit pupuk, yaitu untuk mempertahankan status haranya di dalam tanah (*maintenance*) agar tidak turun. Tanah dengan status hara sedang mempunyai respon yang rendah terhadap pemupukan sehingga memerlukan pupuk dalam jumlah lebih sedikit daripada tanah berstatus hara rendah.

Tabel 7. Kelas ketersediaan hara P pada tanah Typic Kandiodox untuk kedelai

Table 7. Soil P availability classes of Typic Kandiodox for soybean

Kelas hara P	Kadar P tanah	
	Bray 1	Bray 2
	ppm P ₂ O ₅	
Rendah	< 8	< 12
Sedang	8 - 20	12 - 36
Tinggi	> 20	> 36

Rekomendasi pupuk P untuk kedelai pada tanah Typic Kandiodox di lahan kering jauh lebih tinggi dibandingkan dengan anjuran pemupukan P di lahan sawah. Rekomendasi pupuk P untuk padi sawah pada tanah yang berkadar P rendah (<20), sedang (20-40), dan tinggi (>40 mg P₂O₅/100g) masing-masing hanya sebesar 100, 75, dan 50 kg TSP ha⁻¹ atau setara dengan 130, 98, dan 65 kg SP-36 ha⁻¹ (Sofyan *et al.*, 2003). Demikian pula Moersidi *et al.* (1988) merekomendasikan agar tanah sawah yang berkadar P rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut dipupuk > 125, 75-125, dan 50-75 kg TSP ha⁻¹. Hal tersebut disebabkan karena penggenangan pada sistem budidaya lahan sawah (*wetland*) mengakibatkan ketersediaan hara P meningkat sehingga sistem lahan sawah memerlukan pupuk P lebih sedikit dibandingkan lahan kering. Selain itu, hara P di lahan kering (*upland*) dapat dijerap oleh tanah menjadi bentuk yang tidak larut sehingga ketersediaannya bagi tanaman menurun. Sebagai akibatnya kebutuhan pupuk P di lahan kering lebih besar daripada di lahan sawah.

Tabel 8. Rekomendasi pemupukan untuk kedelai pada setiap kelas hara P tanah Typic Kandiodox

Table 8. Fertilization recommendation for soybean at each soil P class of Typic Kandiodox

Kelas hara P	Persamaan regresi	R ²	Dosis optimum	
			P	SP-36
			 kg ha ⁻¹	
Rendah	Y ₁ = -0,0002X ² + 0,0359X + 0,4847	0,9533	58	355
Sedang	Y ₂ = -7E-05X ² + 0,0147X + 1,7069	0,6559	45	279
Tinggi	Y ₃ = -2E-05X ² + 0,0038X + 2,1348	0,8729	16	97

KESIMPULAN

1. Pemberian P meningkatkan secara nyata tinggi tanaman pada umur 30 HST dan hasil biji kering pada perlakuan status P tanah sangat rendah hingga sangat tinggi, tetapi kenaikan hasil akibat pemberian P menurun dengan semakin meningkatnya status P tanah.
2. Pengekstrak HCl 25% dan Colwell tidak sesuai untuk menduga kebutuhan P tanaman kedelai pada Typic Kandiodox sedangkan Mehlich, Olsen, Truogh, Bray 1 dan Bray 2 sesuai. Di antara semua pengekstrak tersebut, pengekstrak Bray 1 dinyatakan sebagai pengekstrak terbaik.
3. Kelas ketersediaan hara P terekstrak Bray 1 adalah: rendah, sedang, dan tinggi dengan nilai masing-masing adalah <8 dan <12, 8-20 dan 12-36, serta >20 dan >36 ppm P₂O₅.
4. Rekomendasi pupuk P untuk kedelai pada tanah Typic Kandiodox yang mempunyai kelas hara P rendah, sedang, dan tinggi berturut-turut adalah 58, 45, dan 16 kg P ha⁻¹ atau setara dengan 355, 279, dan 97 kg SP-36 ha⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Jabri, M., I M. Widjik, A. Hamid, Soeharto, dan M. Soepartini. 1984.** Pemilihan metode uji P tanah-tanah masam dari Lampung dan Sitiung untuk padi gogo. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 3:47-52.
- Anonimous. 2002.** Rekomendasi penggunaan pupuk tanaman padi dan jagung per kabupaten seluruh Indonesia. Direktorat Tanaman Serealia, Ditjen BP Tanaman Pangan, Jakarta. 12p (unpublished).
- Fox, R.L. and F.J. Kamprath. 1970.** Phosphate sorption isotherm for evaluating the phosphate requirement of soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:902-907.
- Hardjowigeno, S. 1993.** Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. CV Akademika Pressindo, Jakarta. p. 243-268.
- Havlin, J.I., J.D. Beaton, S.M. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999.** Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. p. 154-194.
- Moersidi, S., Djoko Santoso, M. Soepartini, M. Al-Jabri, J. Sri Adiningsih, dan M. Sudjadi. 1988.** Status fosfat tanah sawah di Jawa dan Madura. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 8:13-25.
- Nelson, L.A., and Anderson. 1977.** Partitioning of soil test-crop response probability. *In* Peck T.R., J.T. Cope, Jr., and D.A. Whitney (Eds.). *Soil Testing: Correlating and interpreting the analytical results.* American Society of Agronomy Special Publication No. 29. ASA-CSSA-SSSA, Madison, Wisconsin. p. 19-38.
- Nursyamsi, D. dan M.T. Sutriadi. 2002.** Pemilihan metode ekstraksi fosfor pada Inceptisols, Ultisols, dan Vertisols untuk kedelai (*Glycine max* L.). *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan. Cisarua-Bogor, 6-7 Agustus 2002. Puslitbangtanak, Bogor Hlm. 265-281.
- Nursyamsi, D., Gusmaini, dan A. Wijaya. 2003.** Erapan P tanah Inceptisols, Ultisols, Oxisols, dan Andisols serta kebutuhan pupuk P untuk beberapa tanaman pangan. *Agric. Jurnal Ilmu Pertanian*, Vol. 16 No. 2:103-114.
- Nursyamsi, D., L. Anggria, dan A. Budiyanto. 2001.** Pemilihan metode ekstraksi P tanah Inceptisols dan Oxisols untuk tanaman jagung (*Zea mays*). *Dalam* Prosiding Seminar Pengelolaan Lahan Kering Berlereng dan Terdegradasi. Bogor, 9-10 Agustus 2001. Puslitbangtanak, Bogor. Hlm. 137-149.
- Nursyamsi, D., M. Soepartini, A.M. Damdam, Syarifuddin, dan J. Sri Adiningsih. 1994.** Pemilihan metode ekstraksi P tanah sawah di Sulawesi Selatan. *Dalam* Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor. Hlm. 1-12.
- Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982.** Phosphorus. *In* Methods of Soil Analysis. Part 2, Chemical and Microbiological Properties Second Edition. American Society of Agronomy, Inc. and Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA. p. 403-430
- Santoso, D. dan M. Al-Jabri. 1977.** Percobaan pemupukan N, P, dan K untuk tanaman jagung di Lampung. Laporan Bagian Kesuburan No. 58. LP tanah, Bogor. (unpublished).
- Sofyan, A., D. Nursyamsi, and Istiqlal Amien. 2003.** Development of soil testing program in Indonesia. *In* Workshop Proceedings. Field Testing of the Integrated Nutrient Management Support System (NuMaSS) in Southeast Asia. Philippines, 21-24 January 2002. Philippine Rice Research Institute and USAID-Soil Management. p. 10-25
- Soil Survey Staff. 1998.** Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia. 1999. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian. p. 75-84.
- Tan, K.H. 1998.** Principles of Soil Chemistry. Third Edition Revised and Expanded. Marcel Dekker Inc., New York. p. 260-356.
- Widjaja-Adhi, I P.G. 1986.** Penentuan kelas ketersediaan hara dengan metoda analisa keragaman yang dimodifikasi. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 5:23-28.
- Widjaja-Adhi, I P.G. and J.A. Silva. 1986.** Calibration of Soil Phosphorous test for maize on Typic Paleudults and Tropeptic Eutrustox. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 6: 32-39.
- Widjaja-Adhi, I P.G. dan I M. Widjik S. 1984.** Penelitian dan kalibrasi uji hara P untuk tanaman kentang pada tanah Hydric Dystrandepts. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 3: 42-46.