

KOMPONEN TEKNOLOGI BUDIDAYA KEDELAI DI LAHAN KERING

Henny Kuntastyuti dan Abdullah Taufiq¹⁾

ABSTRAK

Sebagian besar kedelai di Indonesia diusahakan di lahan sawah. Hingga saat ini produksi kedelai belum bisa mencukupi kebutuhan domestik sehingga diperlukan peningkatan produksi. Perluasan areal ke lahan kering merupakan salah satu strategi untuk meningkatkan produksi kedelai. Tingkat kesuburan dan karakteristik lahan kering sangat beragam, dan oleh karenanya pengembangan kedelai ke lahan kering dihadapkan pada beragam masalah. Penelitian komponen teknologi budidaya kedelai di lahan kering masih belum seintensif di lahan sawah. Dalam makalah ini dibahas beberapa alternatif peningkatan produktivitas kedelai pada lahan kering dari aspek varietas, pengaturan jarak tanam, dan pengelolaan pemupukan. Informasi tersebut diharapkan dapat dijadikan acuan penelitian lebih lanjut dan pengelolaan kedelai di lahan kering.

Kata kunci: komponen teknologi, kedelai, lahan kering

ABSTRACT

Technology components of soybean cultural practices on dry land. The majority of soybean in Indonesia is planted on low land. Until the present time, soybean production cannot meet the domestic demand, so that it needs to be increased. Soybean extensification to dry land is one of the strategies to rise up its production. The fertility and characteristic of dry land varies, so that soybean development to this area will face some different problems. Research on components of soybean cultural practices on dry land is not as intensive as in the low land. This paper discuss some alternatives in increasing soybean production on dry land on the aspects of variety, planting arrangement, and fertilizer management. Hopefully, this information can be used as the reference in managing soybean on dry land as well as for the future research.

Keywords: technology components, soybean, dry land

PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai Indonesia setiap tahunnya sekitar 1,8 juta ton. Pada tahun 2008, Departemen Pertanian menargetkan produksi kedelai sebesar 1,3 juta. Laporan BPS tahun 2008 (<http://www.bps.go.id> tanggl 8 januari 2008) menyebutkan bahwa produksi kedelai Indonesia tahun 2008 sebesar 761.210 ton, meningkat 28,47% dibandingkan tahun 2007. Jika dilihat dari kebutuhan kedelai Indonesia, maka produksi yang dicapai baru memenuhi sekitar 42%. Strategi peningkatan produksi kedelai yang akan ditempuh pemerintah dalam rangka mencapai swasembada adalah melalui intensifikasi dan ekstensifikasi.

Jawa dan Sumatera merupakan sentra kedelai di Indonesia. Di Jawa, 70% kedelai diusahakan di lahan sawah, sebaliknya di Sumatera 70% diusahakan di lahan kering (Subandi *et al.* 2007). Lahan kering merupakan lahan potensial untuk ekstensifikasi kedelai (Karama 2000). Berdasar atlas arahan tata ruang pertanian Indonesia skala 1:1 juta yang dikeluarkan Puslitanak tahun 2001 menyebutkan bahwa lahan kering yang sesuai untuk pengembangan pertanian seluas 76,22 juta ha di dataran rendah, dan 2,07 juta ha di dataran tinggi. Karakteristik tanah dan agroklimat lahan kering sangat beragam sehingga pemanfaatan dan pengelolaannya beragam pula (Abdurachman *et al.* 1999).

Lahan kering beriklim kering berjenis tanah Inseptisol, Vertisol, Entisol, Andisol, dan Molisol terutama tersebar di Nusa Tenggara. Sedangkan lahan kering beriklim basah yang didominasi oleh tanah Ultisol dan Oxisol terutama tersebar di Kalimantan, Sumatera, Irian Jaya, sebagian Jawa dan Sulawesi.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk meningkatkan pemanfaatan lahan kering. Hariyono (1998) melaporkan bahwa dengan introduksi pola usaha tani tanaman pangan di antara tanaman kelapa di lahan kering beriklim kering di

¹⁾ Peneliti Ekofisiologi Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Kotak Pos 66 Malang 65101, Telp. (0341) 801468, e-mail: blitkabi@telkom.net

Kabupaten Sikka meningkatkan intensitas penggunaan lahan dan pendapatan petani. Tumpangsari antara tanaman obat dengan jagung atau padi gogo terbukti meningkatkan produktivitas lahan kering dan pendapatan petani di Jawa Tengah (Pramono dan Hartoyo 1998).

STATUS KESUBURAN LAHAN KERING

Kedelai lahan kering ditanam di berbagai jenis tanah, yaitu Vertisol, Aluvial, dan tanah merah. Tanah merah di Indonesia terdiri dari Podsolik, Latosol, Laterit dan Alfisol (Soepraptohardjo 1961 dalam Buurman 1980).

Lahan kering di Jatim, Jateng, dan DIY mengandung C-organik 0,08–3,49%, N total 0,08–0,25%, pH tanah 3,4–7,7, P tersedia (Bray 1) 0,03–332 ppm, K tersedia 0,08–1,20 me/100 g, dan SO_4 tersedia 0–353 ppm (Balitkabi 1998; Harsono 1999, Kuntastyuti dan Radjit 2000; 2001). Lebih dari 50% lahan kering sentra produksi kedelai dan kacang tanah mempunyai tekstur tanah yang didominasi oleh fraksi liat dan debu, kadar Fe-P dan Al-P > 50 ppm, dan bentuk Fe-P > Al-P > Ca-P, serta, Al-P 6–277 ppm, Fe-P dan Mn-P 3–99 ppm, Ca-P dan Mg-P 16–239 ppm, dan RS-P 151–652 ppm (Radjit dan Kuntastyuti 2001; Kuntastyuti dan Radjit 2000). Menurut Suryani *et al.* (2000) susunan mineral tanah merah Pantura Jatim didominasi oleh mineral kuarsa, zirkon dan opak yang menunjukkan tingkat pelapukan lanjut.

Dari segi kimia, hal yang menonjol dari lahan kering adalah keragaman pH tanah dan rendahnya kandungan bahan organik tanah (Tabel 1 dan Tabel 2). Adanya keragaman pH tanah membawa konsekuensi beragamnya kandungan hara dalam tanah, dan oleh karena itu pengelolaan harus bersifat spesifik lokasi sesuai kebutuhan tanaman dan daya dukung lahan.

Tindakan pemupukan dapat meningkatkan produktivitas tanah, namun harus dilakukan dengan bijaksana berdasarkan kebutuhan tanaman. Hal tersebut dimaksudkan agar tujuan peningkatan produktivitas dan efisiensi pemupukan dapat dicapai dan tidak diikuti oleh pelandaian produktivitas seperti pada padi sawah (Sofyan *et al.* 1997). Pemupukan berimbang tidak berarti hanya menambah jenis dan takaran pupuk, tetapi harus memadukan antara kebutuhan tanaman dengan faktor kesuburan fisiko-kimia

tanah. Pengembangan uji tanah yang disertai penelitian dinamika hara tanah, studi korelasi dan kalibrasi sangat diperlukan untuk penyusunan rekomendasi pemupukan yang lebih rasional dan efisien.

Sifat kimia lahan kering beriklim kering (curah hujan tahunan < 1500 mm) lebih baik dibandingkan lahan kering beriklim basah (curah hujan tahunan > 2000 mm) (Irianto *et al.* 1998). Oleh karena itu kendala yang dihadapi dalam pemanfaatan lahan dan alternatif pengelolannya juga berbeda. Beberapa contoh sifat tanah lahan kering beriklim kering di Jawa disajikan dalam Tabel 1, sedangkan lahan kering beriklim basah pada Tabel 2.

Masalah pada lahan kering beriklim basah menurut Soepartini (1995) adalah (1) pencucian hara dan keracunan Al, (2) kadar bahan organik tanah rendah, (3) efisiensi pemupukan rendah, (4) kepekaan erosi tinggi dan (5) degradasi produktivitas. Strategi pengelolaan lahan kering beriklim basah dapat melalui pilihan masukan tinggi (pengapuran, pemupukan P), masukan rendah (tebang bakar diikuti bero, *permanent farming* dengan penambahan bahan organik sisa panen, rotasi tanaman legum dan *alley cropping*), atau pengelolaan terintegrasi (peningkatan efisiensi penggunaan hara, pemilihan jenis bahan organik, kombinasi pupuk organik-anorganik) (Hairiah *et al.* 1998). Sedangkan masalah pada lahan kering beriklim kering menurut Soepartini (1995) adalah (1) ketersediaan air terbatas, (2) alkalinitas dan salinitas, (3) kepekaan erosi tinggi, (4) pemupukan dan ameliorasi belum sesuai dan (5) pemanfaatan lahan dan teknik pengembangan belum sesuai. Dengan kata lain, pengembangan kedelai di lahan kering beresiko tinggi akibat keterbatasan-keterbatasan tersebut. Realisasi peningkatan potensi lahan kering harus diikuti oleh peningkatan intensitas penelitian dan pengembangan teknologi yang memadai.

KOMPONEN TEKNIK PRODUKSI KEDELAI DI LAHAN KERING

Varietas

Komponen teknologi varietas unggul, dinilai paling mudah diadopsi oleh petani dibandingkan komponen teknologi lainnya. Penggunaan varietas yang adaptif di lahan kering merupakan alternatif untuk meningkatkan produktivitas dan pen-

Tabel 1. Sifat kimia tanah lahan kering beberapa lokasi di Jawa Timur dan Jawa Tengah

Sifat kimia tanah	Jawa Tengah							Jawa Timur					
	Blora	Pati	Krnng-anjar	Gng Kidul	Wono-giri	Banjar-negara	Ngawi	Lamo-ngan-1	Lamo-ngan-2	Tuban	Blitar	Madura	
Jenis tanah	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Ultisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	Alfisol	
pH H ₂ O	6,0-7,6	6,6-6,9	5,1	7,8	6,2	4,9	4,9-5,4	4,8-5,0	8,2-8,3	8,2-8,4	5,8-7,3	6,7-8,3	
C-organik (%)	0,68-1,33	0,42-2,83	1,41	1,85	0,88	1,21	0,46-1,57	1,72-2,83	1,72-2,10	1,55-1,61	0,85-1,51	0,24-1,98	
N (%)	0,06-0,11						0,13-0,12	0,08-0,12			0,06-0,14		
P Bray 1 (ppm)	23,20-104,00					5,24	1,53-11,80	2,56-6,93			2,13-52,80		
P Olsen (ppm)		37,19-47,30	22,77	6,37	6,27			18,23-43,99		6,42-15,46		4,94-12,17	
K (me/100 g)	0,06-0,18	0,58-0,82	0,44	0,15	0,30	0,71	0,11-0,65	0,10-0,46	0,28-0,31	0,37-0,46	0,21-0,32	0,11-0,31	
Ca (me/100 g)	13,30-49,30	1,91-2,07	0,96	6,62	3,03	3,92	0,94-5,95	1,79-1,90	2,26-10,11	5,02-6,63	2,49-16,35	2,15-6,83	
Mg (me/100 g)	0,59-3,11	0,81-0,92	0,15	0,52	2,77	1,05	0,57-1,93	0,55-0,63	1,01-1,58	1,68-2,03	0,53-5,22	0,14-1,56	
SO ₄ (ppm)	0,00-50,50	8,98-14,30	116	16,9	23,5		12,5-322	10,60-12,60	6,00-16,50	4,25-25,73	7,66-11,00		
Fe (ppm)	3,38-72,9	20,70-40,90	17,9	2,1	42,7	84,72	12,00-52,00	41,02-46,99	5,54-7,95	6,30-10,00	6,37-33,60	8,54-23,00	
Zn (ppm)								1,49-4,17	0,85-1,32		1,30-3,30	0,48-1,26	
Cu (ppm)	0,46-1,15						1,31-14,10	3,66-6,89	2,78-3,77		2,00-3,89	0,44-2,05	
Mn (ppm)	5,81-29,80						134,1	35,2-268	59,48-62,82	30,8-112,0	13,84-63,10	14,6-42,6	
Al me/100 g							0,44						
KTK (me/100g)		13,70	13,50	22,96	28,0					18,37-22,98	25,26	17,0-23,6	8,80-32,15

Sumber: Kuntastyuti (2000a dan 2000b); Radjit dan Kuntastyuti (2001); Kuntastyuti dan Taufiq (2000); Kuntastyuti dan Radjit (2000); Taufiq (2001); Sutanto *et al.* (1994); Data dari Lab. Tanah Balitkabi (tidak dipublikasi).

Tabel 2. Sifat kimia tanah lahan kering beberapa lokasi di Sumatera Selatan, Lampung, Kalteng, dan Jambi.

Sifat kimia tanah	Sumatra Selatan		Lampung			Kalteng	Jambi
	Ogan Ilir	Kayu Agung	Tulang Bawang	Lampung utara	Lampung Tengah	Kotawaringin	Tanjabbar
Jenis tanah	Inceptisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol
pH H ₂ O	4,4	4,3	4,2	4,43	5,3-5,6	4,6	4,9
C-organik (%)	0,10	2,0			1,64-2,74	1,46	1,37
N (%)					0,16-0,24	0,12	0,18
P Bray 1 (ppm)			4,51	5,43		23,3	3,98
P HCl 25% (ppm)					44-97		33,14
P Olsen (ppm)					22-44		
K (me/100 g)			0,18	0,60	0,4-0,8	0,08	0,11
Ca (me/100 g)	0,06	0,70	0,94	1,29	3,1-4,5	0,68	4,0
Mg (me/100 g)	0,05	0,38	0,71	0,90	0,9-1,1	0,17	0,6
Al me/100 g	3,90	3,92	2,00	0,69	0,04-0,31	2,75	1,36
KTK (me/100g)	37,5	22,7	10,49	26,71	12,7-27	6,36	1,23

Sumber: Asmarhansyah *et al.* (2001); Adiningsih dan Sudjadi (1983); Setjawan (1997); Data dari Lab. Tanah FP Unsri Palembang, Balitbio Bogor, BPTP Jambi, dan Balitkabi (tidak dipublikasi)

dapatan petani. Mengingat beragamnya karakter lahan dan banyaknya kendala di lahan kering, maka diperlukan varietas yang spesifik lokasi. Dari sisi varietas, strategi yang ditempuh untuk mengatasi masalah pada agroekosistem lahan kering beriklim kering adalah membentuk varietas yang toleran kekeringan atau yang berumur genjah, sedangkan pada agroekosistem lahan kering beriklim basah adalah membentuk varietas yang toleran terhadap kemasaman.

Beberapa varietas unggul kedelai yang telah dilepas mempunyai umur genjah dengan potensi hasil tinggi (Tabel 3). Beberapa galur kedelai (Aochi-wil-60 dan 967/kawi-d9-185) telah diuji toleransinya terhadap kondisi kekurangan air selama fase reproduktif, dan potensi hasilnya pada kondisi tersebut lebih tinggi dibandingkan varietas unggul yang ada sehingga berpeluang untuk dilepas sebagai varietas unggul toleran kekeringan (Tabel 4).

Hingga tahun 2008, sudah banyak varietas unggul kedelai yang dilepas, diantaranya tiga varietas dinilai adaptif untuk lahan kering masam pH 5 dan kejenuhan Al-dd 25–30%, yaitu Tanggamus, Sibayak, dan Nanti dengan produktivitas 1,4 hingga 1,5 t/ha. Varietas Slamet dan Sindoro juga dinilai toleran terhadap kemasaman, tetapi produktivitasnya lebih rendah (1 t/ha). Beberapa varietas kedelai memberikan hasil yang cukup tinggi di Ultisol Sumatera Selatan dengan pH 4,4 (Tabel 5). Penggunaan varietas toleran masam pada lahan masam merupakan salah satu alternatif teknologi untuk meningkatkan produktivitas kedelai, selain pengapuran dan penggunaan pupuk organik (Jumberi dan Noorginayuwati 1996).

Tabel 3. Umur masak dan produktivitas beberapa varietas kedelai

Varietas/galur	Umur panen (hari)	Produktivitas (t/ha)
Kawi	60-70	1,5-2,8
Tidar	78	1,4
Burangrang	80	2,5
Gepak ijo	76	2,7
Gepak kuning	73	2,9
Grobogan	76	3,4

Tabel 4. Hasil beberapa varietas dan galur kedelai pada kondisi normal dan cekaman kekeringan.

Varietas/galur	Hasil biji (t/ha)	
	Normal	Kekeringan selama fase reproduktif
Cikuray	1,71	0,64
Burangrang	1,42	0,67
Panderman	1,68	0,98
Tidar	1,89	0,68
Wilis	1,70	0,89
Aochi-wil-60	1,71	1,53
967/kawi-d9-185	1,72	1,51

Sumber: Suhartina (2007).

Tabel 5. Hasil beberapa varietas kedelai pada tanah Ultisol Sumatera Selatan.

Varietas	Hasil biji (t/ha)	
	pH 4,4 dan Al-dd 1,2 me/100 g	pH 5,5 dan Al-dd 1,6 me/100 g
Burangrang	1,25	2,06
Panderman	0,51	2,57
Tanggamus	1,61	1,47
Sibayak	1,65	2,61
Seulawah	1,65	1,54
Wilis	1,88	1,69

Sumber: Purwantoro *et al.* (2007).

2. Pengaturan Jarak Tanam

Belum ada penelitian secara khusus untuk menguji cara tanam berbagai varietas unggul baru kedelai di lahan kering, namun beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jarak tanam yang bervariasi dalam baris tunggal maupun baris ganda dapat digunakan sebagai acuan (Tabel 6). Maamun *et al.* (1994) dan Supriyo *et al.* (1997) melaporkan, bahwa pada lahan kering, hasil biji kedelai tertinggi diperoleh pada populasi 500.000 tanaman/ha, jarak tanam 40 cm x 10 cm, dua tanaman/rumpun. Di masa mendatang perlu dilakukan pengujian yang lebih spesifik tentang cara tanam, mengingat beragamnya karakteristik varietas kedelai yang telah dilepas. Secara umum populasi yang digunakan antara 250.000 hingga 500.000 tanaman/ha.

Pengaturan jarak tanam menentukan tingkat produktivitas tanaman, meskipun populasinya sama. Radjit *et al.* (1986) menunjukkan bahwa

Tabel 6. Berbagai jarak tanam dan tingkat produktivitas kedelai pada berbagai jenis tanah di lahan kering

No.	Jenis tanah	Jarak tanam (cm)	Produktivitas	Sumber
1	Alfisol	40x15, 2 tanaman/ rumpun	1,4	Sudaryono <i>et al.</i> (2001)
2	Alfisol	40x20, 2 tanaman/ rumpun	1,1-1,4	Harnowo dan Brotonegoro (1987)
3	Alfisol	40x10, 2 tanaman/ rumpun	2,0	Adisarwanto (1990)
4	Entisol	40x10, 2 tanaman/ rumpun	1,3	Adisarwanto (1990)
5	Ultisol	[40x30]x15, 2 tanaman/rumpun	1,4	Sudaryono <i>et al.</i> (2001)
6	Alfisol	[40x30]x15, 2 tanaman/rumpun	2,0	Sudaryono <i>et al.</i> (2001)
7	Alfisol	[40x20]x20, 2 tanaman/rumpun	1,3-1,6	Adisarwanto (2000)

pada populasi 250.000 tanaman/ha, pengurangan jarak antar baris dari 80 cm menjadi 40 cm meningkatkan hasil biji, namun pada populasi >250.000 tanaman/ha mempersempit jarak antar baris tidak berpengaruh terhadap hasil. Hal ini berkaitan dengan indeks luas daun (ILD), dimana pada populasi 250.000 tanaman/ha ILD nyata lebih tinggi pada jarak 40 cm dibandingkan jarak 80 cm, namun pada populasi tinggi ILD tidak berbeda.

3. Pemupukan

Pupuk P

Unsur P sangat diperlukan untuk pembentukan biji (Tandon dan Kimmo 1993). Respon kedelai terhadap pemupukan P sangat beragam. Pada lahan kering Alfisol di Lamongan yang mempunyai pH 5 dan P tersedia (Bray 1) 2,56–6,93 ppm P, pemupukan P hingga dosis 150 kg SP36/ha tidak meningkatkan hasil kedelai,

sedangkan di Alfisol Blitar dengan pH 6,1 dan P tersedia (Bray 1) 2,13 ppm P, pemupukan 150 kg SP36/ha meningkatkan hasil kedelai sebesar 50% (Tabel 7). Respon terhadap pemupukan P berkaitan dengan pH tanah dan status P dalam tanah. Penggunaan pupuk kandang juga menyebabkan kedelai tidak respon terhadap pemupukan P meskipun kandungan P tanah rendah. Jika tanah sering diberi pupuk kandang kedelai tidak memerlukan tambahan pupuk P setidaknya sampai dua musim tanam dengan produktivitas 1,82–2,02 t/ha, bahkan penambahan dalam dua tahun berturut-turut dapat menurunkan hasil (Tabel 7). Dampak penggunaan pupuk kandang dapat dimanfaatkan tanaman sampai beberapa tahun, dan mineralisasi P-organik merupakan sumber utama P bagi tanaman apabila tanah tidak dipupuk anorganik (Linguist *et al.* 1997). Tanggap tanaman terhadap pupuk P pada beberapa jenis tanah sangat dipengaruhi oleh kadar bahan organik tanah (Fixen dan Carson

Tabel 7. Hasil biji kedelai varietas Wilis pada lahan kering Alfisol Lamongan dan Blitar Jawa Timur pada MH 1995/1996 dan MH 1996/1997

Dosis SP-36 (kg/ha)	Hasil biji (t/ha)				
	Blitar MH 95/96	Payaman-Lamongan		Dadapan-Lamongan	
		MH 95/96	MH 96/97	MH 95/96	MH 96/97
0	1,01 c	0,93 a	1,74 a	1,95 a	1,77 a
50	1,20 b	1,05 a	1,48 b	2,02 a	1,76 a
100	1,30 ab	1,00 a	1,68 ab	2,07 a	1,88 a
150	1,45 a	0,96 a	1,49 ab	2,03 a	1,89 a

Sumber: Kuntastyuti (2000a dan 2000b).

Angka sekolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda menurut uji BNT 5%.

Tabel 8. Pengaruh pupuk terhadap hasil kedelai varietas Wilis di lahan kering masam Kalteng pada MH 1999/2000

Urea (kg/ha)	SP36 (kg/ha)	Rhizopulus	Hasil biji kedelai (t/ha)
0	62,5	tanpa	0,64
0	62,5	dengan	0,82
0	125	tanpa	0,98
0	125	dengan	1,02
25	62,5	tanpa	0,65
25	62,5	dengan	1,12
25	125	tanpa	0,91
25	125	dengan	1,01

Sumber: Asmarhansyah *et al.* (2001)

1978). Kadar C-organik Alfisol Lamongan berkisar antara 1,72–2,83%.

Di lahan kering masam Ultisol Parenggean, Kalimantan Tengah dimana tekstur tanahnya didominasi fraksi pasir (63%), pH 4,6, kejenuhan Al 64,2%, serta P tersedia (Bray 1) 23,3 ppm P, peningkatan dosis pupuk P dari 62,5 kg SP36 menjadi 125 kg SP36/ha belum mampu meningkatkan hasil kedelai meskipun tanah telah diberi kapur 0,5 t/ha dan 100 kg KCl/ha (Asmarhansyah *et al.* 2001). Hasil kedelai tergolong rendah, yaitu antara 0,6 hingga 1 t/ha (Tabel 8).

Hasil kedelai pada lahan kering masam Dystropept Oksik dapat ditingkatkan dengan pemupukan P₂O₅ 733 kg/ha atau setara 2036 kg/ha SP36 (Wade dan Widjaja-Adhi 1989). Pemupukan P₂O₅ 270 kg/ha (setara 750 kg/ha SP36)

pada tanah PMK Sitiung tanpa pupuk kandang dapat meningkatkan hasil kedelai (Munir 1991). Pemupukan P takaran tinggi tersebut menyebabkan tanah jenuh P, sehingga jumlah P dalam larutan tanah meningkat dan dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Tingginya kebutuhan pupuk P pada tanah masam disebabkan oleh tingginya fiksasi P. Sudiyarso dan Muharto (1983) melaporkan fraksionasi P-anorganik tanah PMK Lampung dan Banten tiga bulan setelah dipupuk TSP dosis 150 kg/ha tanpa tanaman adalah P mudah larut 1,3 ppm P; Al-P 67,1 ppm P; Fe-P 81,1 ppm P; occluded-P 105,1 ppm P; (Fe,Al)-P 22,0 ppm P, dan Ca-P 8,0 ppm P. Sedangkan tanpa pupuk P, fraksionasi P-anorganik adalah P mudah larut 0,9 ppm P; Al-P 31,8 ppm P; Fe-P 56,3 ppm P; occluded-P 92,5 ppm P; (Fe,Al)-P 20,6 ppm P, dan Ca-P 6,9 ppm P. Adanya kandungan Fe₂O₃ bebas merupakan satu-satunya sifat tanah yang paling berpengaruh terhadap serapan fosfat, dan fosfat pada Ultisol sebagian besar terdapat dalam bentuk Fe-P (Al-Jabri *et al.* 1987).

Pada lahan kering Ultisol Lampung dengan pH 4,9 dan P tersedia (Bray 1) 2,97 ppm P, peningkatan kadar P tersedia dari 6 menjadi 34 ppm P diikuti peningkatan hasil kedelai dari 0,20 t/ha menjadi 1,21 t/ha. Peningkatkan hasil tertinggi kedelai maksimum dicapai pada takaran pupuk 40 kg P/ha atau setara 260 kg SP36/ha (Tabel 9).

Pada tanah Typic Kandiudox (Oxisol) kandungan P tersedia dengan ekstraksi Bray-1 dikategorikan rendah, sedang, dan tinggi untuk kedelai bila mengandung P berturut-turut sebesar

Tabel 9. Pengaruh pemupukan terhadap P tersedia dan hasil biji kedelai varietas Wilis pada beberapa tingkat status P tanah di lahan kering Ultisol lampung, MH 1997/1998.

Takaran P (kg/ha)	Hasil biji kedelai (t/ha)				
	0 x P	¼ x P	1/2 x P	¾ x P	Rata-rata
0	0,20 i	0,78 h	1,01 fg	1,21 def	0,80
20	0,87 gh	1,00 fg	1,27 de	1,36 bcd	1,13
40	1,12 ef	1,32 cde	1,52 abc	1,68 a	1,41
60	1,26 de	1,37 bcd	1,58 ab	1,67 a	1,47
Rata-rata	0,86	1,12	1,35	1,48	
P Bray-1	6 ppm	12 ppm	17 ppm	34 ppm	

Angka sekolom atau sebaris yang diikuti huruf sama tidak berbeda menurut DMRT 5%; 0xP - 3/4xP: status P tanah menurut erapan P maksimum dan dibuat pada musim tanam sebelumnya, masing-masing ditambahkan 0, 50, 100 dan 150 kg P/ha

Sumber: Nasution dan Al-Jabri (19990)

<6,2 ppm P, 6,2–15,5 ppm P, dan >15,5 ppm P, sedangkan dengan Bray-2 adalah <9,3 ppm P, 9,3–27,9 ppm P, dan >27,9 ppm P (Nursyamsi *et al.* 2004). Pada tanah Ultisol Lampung dengan pH 5,1, Al-dd 2,17 me/100 g, kejenuhan Al 59,13%, dan retensi P sebesar 41%, kandungan P tersedia dengan ekstraksi Bray-1 dikategorikan rendah, sedang, dan tinggi bila mengandung P berturut-turut sebesar <5 ppm P, 5–23 ppm P, dan >23 ppm P, sedangkan dengan Bray-2 adalah <11 ppm P, 11–38 ppm P, dan >38 ppm P, dan kebutuhan pupuk untuk kedelai pada masing-masing status P berturut-turut adalah 104, 86, dan 40 kg SP36/ha (Wijanarko dan Sudaryono 2007).

Kalium dan Sulfur

Di lahan kering Alfisol di Blitar dengan K-dd 0,32 me K/100 g, pemupukan KCl dosis 100 kg/ha meningkatkan hasil biji sebesar 18,2% (Kuntyastuti dan Santoso 2001). Dosis pupuk KCl yang diperlukan tanaman berbeda antara jenis tanah, karena dipengaruhi oleh nilai *potential buffering capacity* dari K (PBC^K). Tanah dengan nilai PBC^K rendah, maka sebagian besar pupuk K yang ditambahkan hilang tercuci, sebaliknya PBC^K tinggi perlu tambahan K dosis tinggi untuk meningkatkan intensitas K. Menurut Sulaeman *et al.* (1992) pemberian K selalu meningkatkan cadangan K, tetapi tidak selalu meningkatkan ketersediaan K, karena tergantung daya sangga K. Beberapa peneliti melaporkan tanggap positif kedelai terhadap pupuk K, antara lain pada Vertisol Ngawi dan Regosol Lombok Tengah (Kuntyastuti dan Adisarwanto 1996), pada Latosol Merah Brasil (Rosolem dan Nakagawa 1985) dan pada Aluvial Ponorogo (Suwono 1989).

Di lahan kering Alfisol Blitar dengan kandungan S tersedia 24,2 ppm SO₄, kedelai respon terhadap pemberian tepung belerang 100 kg/ha. Tandon (1991) melaporkan, bahwa hasil biji kedelai di India meningkat 0,37 t/ha dengan pemupukan 50 kg S/ha. Pemberian tepung belerang 100 kg/ha pada Alfisol Blitar dengan K-dd rendah meningkatkan efektivitas pemupukan K dan meningkatkan hasil biji 0,57 t/ha dibandingkan kontrol dengan tingkat efisiensi 11,44 kg biji/kg KCl per ha (Kuntyastuti dan Santoso 2001). Kekahatan S memperlambat serapan K dan memperparah kahat K pada tanah yang mempunyai cadangan K tersedia rendah (Akil *et al.* 1990; von Uexkull 1986). dan unsur S

meningkatkan pelepasan cadangan K dalam tanah (Rudolfs 1922 *dalam* von Uexkull 1986). Dengan kata lain penambahan S pada tanah yang kahat S akan meningkatkan penyerapan K. Status K-dd.

Pupuk Organik

Kedelai respon terhadap pupuk organik yang kaya unsur P seperti kotoran ayam, dan kurang respon terhadap pupuk P-anorganik. Unsur P dari pupuk organik lebih mudah tersedia dibandingkan dari pupuk anorganik (McIntosh dan Varney 1973). Pupuk P anorganik umumnya tidak meningkatkan pergerakan P. Peningkatan pergerakan P karena penambahan bahan organik berkaitan dengan pergerakan sel mikrobial dan sisa-sisa bahan pembangun sel (Hannapel *et al.* 1964 *dalam* Meek *et al.* 1979). Peningkatan pergerakan unsur P sangat penting karena unsur P dalam tanah bersifat tidak mobil (Tisdale *et al.* 1985).

Pada tanah Alfisol Lamongan dan Blitar yang miskin bahan organik dan unsur hara, penambahan kotoran ayam 10 t/ha belum dapat meningkatkan hasil kedelai. Peningkatan hasil 0,3–0,5 t/ha terjadi pada dosis kotoran ayam 20 t/ha (Tabel 10). Pada Latosol Bogor, penggunaan kotoran ayam 10 t/ha meningkatkan hasil biji kedelai (Suhartatik *et al.* 1987).

Selain meningkatkan kesuburan kimia, bahan organik juga memperbaiki sifat fisik tanah. Pada lahan kering Ultisol Lampung, pemberian pupuk organik kotoran sapi, kambing, dan ayam sampai 20 t/ha memperbaiki sifat fisik tanah, yaitu menurunkan berat isi dan meningkatkan permeabilitas tanah (Tabel 11). Menurut Abdurachman *et al.* (2000) pemberian kotoran sapi, kambing, dan ayam takaran 20 t/ha pada Ultisol Lampung meningkatkan ruang pori total dan kadar C-organik tanah. Perbaikan sifat fisik tanah diikuti oleh peningkatan hasil kedelai sekitar 1 t/ha.

Pada lahan kering Ultisol Jambi, pemberian pupuk kandang 20 t/ha meningkatkan permeabilitas, air tersedia, dan kadar C-organik, meskipun tidak diikuti penurunan bobot isi tanah. Pemberian pupuk kandang pada takaran tersebut juga meningkatkan hasil biji kedelai hingga 141% dibandingkan kontrol (Tabel 12). Pupuk kandang 20 t/ha meningkatkan produktivitas kedelai setara dengan pemberian kapur 1 t/ha. Penggunaan

Tabel 10. Hasil biji kedelai pada lahan kering Alfisol Jawa Timur pada MH 1995/1996 dan MH 1996/1997

Kot ayam (t/ha)	Hasil biji (t/ha)					
	Blitar		Payaman-Lamongan		Dadapan-Lamongan	
	MH 95/96	MH 95/96	MH 96/97	MH 95/96	MH 96/97	
0	1,07 b	0,71 b	1,37 b	2,10 a	1,87 a	
10	1,07 b	1,05 b	1,76 a	2,03 a	1,75 a	
20	1,58 a	1,20 a	1,67 a	1,92 a	1,85 a	

Sumber: Kuntastuti (2000a dan 2000b)

Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda menurut uji BNT 5%.

Tabel 11. Pengaruh pupuk organik terhadap sifat fisik tanah Ultisol Desa Batin, Batanghari, Jambi, MH 1998/1999.

Takaran (kg/ha)	Berat isi tanah (g/cc)			Permeabilitas (cm/jam)		
	Kot. sapi	Kot. kambing	Kot. Ayam	Kot. Sapi	Kot.kambing	Kot.ayam
0	1,17	1,15	1,17	4,67	6,14	7,19
5	1,05	1,10	1,12	6,23	6,37	7,37
10	1,14	1,08	1,05	9,36	6,67	8,30
20	1,10	1,07	1,03	10,41	6,24	11,13

Sumber: Abdurachman *et al.* (2000)

pupuk organik untuk meningkatkan produktivitas tanah bereaksi masam lebih baik dibandingkan penggunaan CaCO₃ (Iyamuremye *et al.* 1996). Pemberian 20 t/ha pupuk kandang pada Alfisol Blora meningkatkan hasil kedelai dari 0,9 menjadi 1,7 t/ha (Rahmianna *et al.* 2001).

Penambahan bahan organik kotoran sapi, jerami, dan *Flemingia* meningkatkan KTK, C-organik, NO₃, serapan P dan Mg pada tanah Ultisol (Nursyamsi *et al.* 1997), meningkatkan ketersediaan P, menekan fiksasi P oleh Al bebas, dan menekan kelarutan Al³⁺ (Purwanto dan Sutanto 1997). Penambahan bahan organik yang berasal dari *Gliricidea* menekan Al monomerik lebih kuat dibandingkan *Flemingia*, *Leucaena*, dan *Calliandra* (Hairiah *et al.* 1998). Fraksi bahan organik yang berupa asam fulvat berkorelasi positif, dan asam humat berkorelasi negatif dengan jumlah dan kadar ion tercuci, sedangkan fraksi non-humus berkorelasi positif dengan kapasitas tanah menahan air maksimum dan berkorelasi negatif dengan persentase ion tercuci (Subowo *et al.* 1990). Salah satu cara untuk memudahkan penyediaan bahan organik adalah dengan sistem budidaya lorong (*alley cropping*).

Penambahan bahan organik 5 t/ha untuk pengelolaan lahan kering masam di Kalimantan dapat diperoleh dari usahatani pertanaman lorong menggunakan *Flemingia* sp. (Wigena dan Purnomo 1997).

Selain kotoran ayam dan kotoran sapi, penggunaan bagas 5 t/ha, OST (*organic soil treatment*) dengan cara dilarik, serta penggunaan rhizoplus juga meningkatkan hasil biji kedelai pada Alfisol Blitar (Tabel 13).

Tanaman Legume mampu menambat N cukup besar, berkisar antara 40 kg N/ha hingga >100 kg N/ha (Tabel 14). Hal ini menunjukkan bahwa brangkasan tanaman legume cukup potensial digunakan sebagai pupuk alternatif sumber N. Sebanyak 80% N dari pupuk hijau dapat dilepaskan dalam waktu 10 hari setelah pembedaan, dan dengan demikian penggunaan pupuk hijau dapat mengurangi kebutuhan pupuk Urea.

Pupuk Alternatif An-organik

Di tanah Alfisol Ngawi dengan pH 4,9, P tersedia (Bray 1) 11,8 ppm P, dan K-dd 0,11 me/100 g, pemberian P-alam 100 kg/ha tidak meningkatkan hasil kedelai, tetapi pemberian

Tabel 12. Pengaruh teknik konservasi dan rehabilitasi lahan terhadap sifat fisik dan kimia tanah serta hasil kedelai pada Ultisol Desa Batin, Batanghari, Jambi, MT 1995/1996.

Perlakuan	Berat isi (g/cc)	Permeabilitas (cm/jam)	Air tersedia % volume	C-organik (%)	Hasil biji (t/ha)
Kontrol	1,20 a	1,73 a	7,46 a	1,55 a	0,37 a
P-alam 0,5 t/ha	1,13 a	2,90 b	8,22 b	2,14 b	0,53 a
Pukan 20 t/ha	1,12 a	3,40 b	8,22 b	1,91 b	0,89 b
Kaptan 1 t/ha	1,13 a	2,90 b	8,54 b	2,35 b	0,70 ab
Pukan + P-alam	1,13 a	1,90 a	7,88 a	2,71 b	0,65 a
Pukan + Kaptan	1,14 a	2,11 a	8,72 b	2,65 b	0,62 a

Angka sekolom yang diikuti huruf sama tidak berbeda berdasarkan DMRT 5%.

Sumber: Juarsah *et al.* (2000).

SKMg pada dosis yang sama meningkatkan hasil kedelai sekitar 33% (Tabel 15). Penggunaan P-alam yang dikombinasi dengan SKMg pada dosis masing-masing 100 kg/ha meningkatkan hasil kedelai 73% dibanding kontrol dan bahkan 19,5% lebih tinggi dibandingkan menggunakan pupuk SP36 + KCl. Nampaknya pada tanah yang bereaksi masam, penggunaan P-alam (sumber P) dan SKMg (sumber S, K, Mg) lebih efektif dibandingkan SP36 dan KCl.

Pada Alfisol Blora dengan pH 6,5–7,6 serta P tersedia (Bray 1) dan K-dd masing-masing 61–104 ppm P dan 0,06–0,41 me K/100 g, pemberian pupuk P-alam dan SKMg masing-masing 50–75 kg/ha tidak meningkatkan hasil kedelai meskipun sudah diberi 25 kg Urea/ha. Pada kondisi tanah tersebut, penggunaan SP36 dan KCl lebih efektif, yang ditunjukkan adanya peningkatan hasil

Tabel 13. Hasil biji kedelai akibat penggunaan pupuk organik pada lahan kering Alfisol Blitar, Jawa Timur pada MH 1999/2000.

Perlakuan	Hasil biji (t/ha)
Kontrol	1,44 b
Bagas 5 t/ha	1,80 a
EM-4	1,65 ab
EM-4 + bagas 5 t/ha	1,84 a
OST dibenam	1,61 ab
OST dilarik	1,75 a
OST dilarik + bagas 5 t/ha	1,64 ab
Rhizoplus	1,70 a
Rhizoplus + bagas 5 t/ha	1,65 ab

Sumber: Suryantini (2001)

Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda menurut uji BNT 5%.

Tabel 14. Jumlah N yang difiksasi oleh beberapa tanaman Legume.

Tanaman	Total N (kg/ha)	Setara Urea (kg/ha)
Kacang tanah	54	117
Kedelai	46	100
Kacang hijau	40–75	87–163
Kacang tunggak	73–354	158–769
Kacang gude	70	152
<i>Crotalaria</i>	198	430
<i>Mucuna sp.</i>	70	152
<i>Sesbania</i>	40–85	185
<i>Canavalia</i>	170	369

kedelai 44% (Tabel 16). Terdapat indikasi bahwa P-alam dan SKMg dapat menggantikan fungsi SP36 dan KCl pada lahan kering yang bereaksi masam.

P-alam dan SKMg ternyata juga dapat mengurangi kebutuhan kotoran ayam dan kotoran sapi pada Alfisol. Penggunaan kotoran ayam atau kotoran sapi 10 t/ha di Alfisol Blitar pada MH 1999/2000 meningkatkan hasil kedelai 31%, dan dosis tersebut dapat diturunkan 50% menjadi 5 t/ha tanpa terjadi penurunan hasil kedelai jika ditambah dengan pupuk P-alam atau SKMg dosis 150 kg/ha (Tabel 17).

Purnomo *et al.* (1996) melaporkan bahwa efektivitas pupuk SKMg setara dengan K₂O 60 kg/ha untuk meningkatkan hasil kedelai pada tanah Ultisol Lampung. Berarti pupuk SKMg berpeluang baik untuk mengganti pupuk KCl. Pada dosis setara 120 kg K₂O/ha dan diberikan dua kali, pengaruh SKMg terhadap peningkatan

Tabel 15. Pengaruh pupuk P-alam dan SKMg terhadap hasil kedelai pada lahan kering Alfisol Ngawi, Jawa Timur pada MH 1999/2000.

Perlakuan	Hasil biji (t/ha)
Kontrol	0,85 e
P-alam 100 kg/ha	0,94de
SKMg 100 kg/ha	1,23bc
P-alam 100 kg + SKMg 100 kg/ha	1,47 ab
P-alam 200 kg + SKMg 200 kg/ha	1,11 cd
SP-36 100 + KCl 100 kg/ha	1,23bc

Sumber: Kuntastyuti dan Radjit (2000).
 Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda menurut uji BNT 5%.

Tabel 16. Hasil biji kedelai pada lahan kering Alfisol Blora pada MH 1999/2000.

Perlakuan	Hasil (t/ha)
Kontrol	0,92b
Urea 50 + SP-36 100 + KCl 100 kg/ha	1,32 a
Urea 25 + P-alam 75 + SKMg 75 kg/ha	0,77b
Urea 25 + P-alam 50 + SKMg 50 + ZKK 5 t/ha	0,90b
Kontrol	0,89b
Kot sapi 20 t/ha	1,73 a
Kot sapi 5 t+Urea 25+SP-36 50+ KCl 50 kg/ha	1,61 a
Kot sapi 5 t+Urea 75+SP-36 100+ KCl 75 kg/ha	1,71 a
Kot sapi 10 t+Urea 25+SP-36 50+ KCl 50 kg/ha	1,73 a
Kot sapi 10 t+Urea 75+SP-36 100+ KCl 75 kg/ha	1,54 a

Sumber: Radjit (2000); Rahmianna *et al.* (2001)
 Angka yang didampingi huruf sama pada masing-masing set perlakuan tidak berbeda menurut uji BNT 5%

hasil biji kedelai lebih baik dibandingkan KCl.

Menurut Purnomo *et al.* (1998) hasil tanaman pangan yang dipupuk P-alam tidak berbeda dengan yang dipupuk TSP + kapur pada musim tanam I (MT I), sedangkan pada MT II dan III hasil tanaman pangan yang dipupuk P-alam lebih tinggi dibandingkan TSP + kapur. P-alam lebih lambat melepas unsur P dibandingkan TSP sehingga unsur P dari pupuk tidak cepat dijerap tanah, sehingga P-alam dapat mensuplai unsur P lebih lama dibandingkan TSP. Selain itu,

Tabel 17. Hasil biji kedelai pada lahan kering Alfisol Blitar, Jawa Timur dan Blora, Jawa Tengah pada MH 1999/2000.

Perlakuan	Blitar	Blora
Kontrol	1,61 c	0,97b
K.A 10 t/ha	2,06 ab	1,39 ab
K.S 10 t/ha	2,05 b	1,39 ab
K.A 5 t + P-alam 150 kg/ha	2,17 ab	1,56 a
K.A 5 t + SKMg 150 kg/ha	1,90 bc	1,56 a
K.A 5 t + ZK-plus 150 kg/ha	2,14 ab	1,43 ab
K.S 5 t + P-alam 150 kg/ha	2,41 a	1,01 b
K.S 5 t + SKMg 150 kg/ha	2,08 ab	1,46 ab
K.S 5 t + ZK-plus 150 kg/ha	2,00 b	1,32 ab

Sumber: Kuntastyuti dan Taufiq (2000).
 Keterangan: K.A= kotoran ayam; K.S= kotoran sapi; Angka yang didampingi huruf sama tidak berbeda menurut uji BNT 5%.

penggunaan P-alam juga dapat meningkatkan kadar P potensial dan P tersedia, kejenuhan basa, dan menurunkan kejenuhan Al. Penggunaan P-alam yang diasamkan sebagian pada lahan kering masam di Bogor dan Sitiung dengan dosis 90 kg P₂O₅/ha, efisiensinya lebih baik dibandingkan TSP (Hartatik *et al.* 1998). Namun Subiksa *et al.* (1998) melaporkan bahwa efektivitas P-alam Ciamis tanpa/dengan kapur pada lahan kering masam di Kalimantan Selatan tidak berbeda dengan SP36. Peningkatan efektivitas P-alam dapat dilakukan dengan penambahan bahan organik (Kasno *et al.* 1998), dan melalui kombinasi dengan TSP (Chien *et al.* 1996). Adanya asam organik seperti asam humat dapat mengurangi fiksasi P oleh tanah (Ahmad dan Tan, 1991).

Penggunaan pupuk SKMg dalam skala luas masih memerlukan pengkajian lebih lanjut, karena harganya yang relatif mahal. Sebaliknya dampak positif penggunaan P-alam dapat ditindaklanjuti, karena harganya relatif murah, dan beberapa peneliti telah melaporkan efektivitas P-alam untuk tanaman pangan.

4. Pengapuran

Lahan kering beriklim basah didominasi oleh tanah yang mempunyai pH rendah dan kandungan Al tinggi. Bentuk Al yang meracuni tanaman adalah Al monomerik, dan pada pH 5–5,5 sebanyak 1% Al yang ada dalam larutan tanah Ultisol Lampung berada dalam bentuk Al monomerik (Hairiah *et al.* 1998). Sebagai contoh, tanah Ultisol Lampung mengandung Al mono-

merik sebesar 1,89 mM pada lapisan 0–15 cm dan 2,29 mM pada lapisan 15–45 cm (Van der Heide *et al.* 1992). Penggunaan kapur pertanian dan bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah dan menurunkan tingkat keracunan tanaman yang disebabkan oleh aluminium telah lama diketahui (Mengel *et al.* 1987). Pemberian kapur akan lebih efisien jika $\text{pH} < 5$ dan kejenuhan kemasaman $(\text{Al}+\text{H}) > 10\%$.

Kedelai pada tanah Oxisol dan Ultisol masih dapat tumbuh pada pH 4–5,5 (Follet *et al.* 1981). Kedelai sangat respon terhadap pemberian kapur pada tanah Oxisol dan Inceptisol yang telah dibuka lebih dari lima tahun dan mempunyai pH antara 4,4–4,7 dan $\text{Al}+\text{H}$ antara 2,6–4,3 me/100 ml dan bahan organik antara 3,3–4,6%, tetapi tidak respon pada Ultisol yang baru dibuka yang mengandung bahan organik 5,2% meskipun pH tanah 4,2, $\text{Al}+\text{H}$ sebesar 1,9 me/100 ml (Wade *et al.* 1986).

Kamprath (1972) menyarankan bahwa rekomendasi pengapuran harus didasarkan pada jumlah Al -dapat ditukar pada lapisan tanah atas. Untuk setiap meq $\text{Al}/100$ g tanah dibutuhkan 1,5 meq Ca atau setara dengan 1,65 t/ha CaCO_3 . Pengapuran 1/2 dan 3/4x Al -dd pada tanah Ultisol dengan kandungan Al -dd 2,3–24,87 me/100 g cukup efisien untuk menurunkan Al -dd dan kejenuhan Al (Amien *et al.* 1985). Pengapuran sebanyak 1–2 x Al -dd pada tanah Podsolik Sitiung dengan pH 4,3, C-organik 1,9%, dan KTK 9,1 me/100 g menurunkan kejenuhan Al dari 85,2% menjadi $< 29\%$ (toleransi kedelai terhadap kejenuhan Al adalah 20%) (Hartatik dan Adiningsih 1987). Dosis pengapuran optimal untuk memperoleh hasil dan serapan hara tertinggi pada tanam campuran padi gogo, kedelai dan jagung di tanah Podsolik (Ultisol) adalah 2 t/ha CaCO_3 setiap meq $\text{Al}/100$ g tanah (Hakim *et al.* 1989). Pemberian 1 t/ha kapur dalam larikan yang disertai pemupukan 75 kg Urea + 100 kg SP36 + 100 kg KCl per hektar pada lahan kering masam Lampung Tengah dan Sumatera Utara dengan pH 4,6 dan Al -dd 0,19 me/100 g meningkatkan hasil kedelai 13,6% (Arsyad *et al.* 2001). Pada Ultisol Lampung dengan pH 4,7 dan Al -dd 1,3 me/100 g, pemberian dolomit 1/2x Al -dd yang disertai pemupukan 36 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ dan 45 kg $\text{K}_2\text{O}/\text{ha}$ meningkatkan hasil kedelai dari 0,3 t/ha menjadi 1,5 t/ha, peningkatan dosis pupuk P menjadi 144 kg $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ tanpa dolomit hanya

meningkatkan hasil menjadi 0,6 t/ha (Taufiq dan Manshuri 2005).

5. Pemupukan Nitrogen dan Inokulasi *Rhizobium*

Kedelai adalah tanaman Legume yang membentuk bintil akar. Bintil akar terbentuk akibat adanya asosiasi antara akar tanaman Legume dengan mikroba penambat N dari jenis *Rhizobium*. Secara alamiah, populasi *Rhizobium* dalam tanah yang pernah ditanami Legume cukup tinggi. Soedarjo (2000, tidak diterbitkan) melaporkan bahwa populasi *Rhizobium* di lahan kering Alfisol di Jawa cukup tinggi (Tabel 18). Lahan yang pernah ditanami kedelai pada umumnya mempunyai densitas *Rhizobium* alami lebih tinggi, namun ada pula yang populasinya tinggi meskipun belum pernah ditanami kedelai. Populasi sel *Rhizobium* alami bervariasi tergantung pada jenis tanaman yang diusahakan, pola tanam, dan iklim. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa inokulum Rhizo-Plus tidak selalu infeksi dan efektif di lahan kering Alfisol. Infektivitas dan efektivitas *Rhizobium* alami pada tanaman kedelai varietas Kawi di lahan kering Alfisol sebanding dengan Rhizo-Plus. Rhizo-Plus tidak infeksi di tanah Ultisol Jasinga.

Infeksi semua strain *Rhizobium* di lahan masam sangat lambat, terutama pada pH 4,5 atau lebih rendah. Dari lahan masam telah diisolasi kurang lebih 50 isolat dari bintil akar tanaman kedelai. Isolat-isolat termasuk tipe tumbuh lambat. Sebagian besar (80%) isolat-isolat tidak infeksi di tanah Ultiso-l asal Jasinga. Pada tanah asal Lampung, yang mempunyai kadar Al lebih rendah dibandingkan dengan tanah asal Jasinga, jumlah isolat-isolat yang infeksi lebih tinggi (64%). Sebagian besar (60%) dapat tumbuh pada pH 4,0. Pada $\text{pH} > 4,0$, isolat-isolat mulai menampakkan keragaman respon terhadap Al pada konsentrasi 300 mM (Soedarjo 2000 tidak diterbitkan).

Respon kedelai terhadap inokulasi *rhizobium* beragam. Pemberian *Rhizobium* pada Ultisol Lampung dengan $\text{pH} < 4,5$ meningkatkan bintil akar hingga 100% tetapi tidak meningkatkan hasil kedelai, dan pemberian pupuk 25 kg N/ha tidak meningkatkan hasil dan bahkan menekan pertumbuhan *Rhizobium* yang ditunjukkan oleh menurunnya berat bintil akar (Sumadi 1985). Adisarwanto (1990) melaporkan bahwa inokulasi

Tabel 18. Populasi *Rhizobium* endogen (alami) lahan kering Alfisol dari beberapa daerah di Jawa Timur

Asal tanah	Populasi <i>Rhizobium</i> per gram tanah	Asal tanah	Populasi <i>Rhizobium</i> per gram tanah
Kalipare-Malang	2×10^3	Lamongan	8×10^1
Kademangan-Blitar	$1,5 \times 10^2$	Gondosuli-Probolinggo	$1,5 \times 10^2$
Besole-Tulungagung	$6,5 \times 10^1$	Banyuglugur-Besuki	$5,5 \times 10^1$
Watulimu-Trenggalek	$3,75 \times 10^2$	Nguling-Pasuruan	$2,3 \times 10^3$
Grujugan-Bondowoso	9×10^1	Panuran-Tuban	$2,3 \times 10^3$
Kotakan-Situbondo	9×10^1	Ranuyoso-Lumajang	8×10^1
W.rejo-Banyuangi	4×10^3	Sumberjambe-Jember	8×10^1
Maron-Probolinggo	9×10^4	Kdungdung-Sampang	9×10^1
Galis -Bangkalan	2×10^3	Ketapang-Sampang	9×10^1
Burneh - Bangkalan	$5,5 \times 10^1$		

kedelai dengan Rhizogen dosis 2,5–5 g/kg benih meningkatkan hasil kedelai di lahan kering Alfisol Pasuruan, dan peningkatan dosis Rhizogen menjadi >5 g/kg benih tidak meningkatkan hasil. Penggunaan Rhizoplus dan Ginon di lahan kering Alfisol Probolinggo dan Blitar pada beberapa varietas kedelai tidak meningkatkan hasil (Muchlis Adie *et al.* 2000). Pemberian Rhizoplus dan pemupukan 25 kg N/ha pada Ultisol Kalteng tidak meningkatkan hasil kedelai (Asmarhansyah *et al.* 2001). Sumadi (1987) melaporkan bahwa akumulasi N pada kedelai mencapai 280,9 kg N/ha dimana 141 kg N/ha atau 99% berasal dari fiksasi N. Beberapa hasil penelitian di Lahan kering Alfisol di Jawa menunjukkan bahwa pemberian pupuk 25 kg Urea/ha pada tanah dengan kandungan bahan organik rendah dinilai cukup untuk menopang pertumbuhan dan hasil kedelai (Kuntyastuti dan Radjit 2000; Radjit 2000; Kuntyastuti dan Taufiq 2000; Rahmianna *et al.* 2001).

Hasil-hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan inokulan sangat tergantung dari pola tanam. Pada lahan yang sering ditanami kacang-kacangan, tidak diperlukan inokulasi untuk merangsang terbentuknya bintil akar. Pemupukan N cukup diberikan dalam takaran rendah (25 kg Urea/ha) yang berfungsi sebagai *starter* sebelum tanaman kedelai dapat membentuk bintil akar.

PENUTUP

Sebagai akhir dari tulisan ini, beberapa hal yang dapat disarikan dari beberapa hasil penelitian tersebut di atas adalah sebagai berikut:

1. Varietas kedelai yang berumur genjah (misalnya Burangrang, Ijen, Gepak kuning, Gepak Ijo, dan Grobogan) sudah tersedia sehingga dapat dijadikan alternatif untuk mengatasi masalah kekurangan air pada lahan kering beriklim kering dengan periode curah hujan yang pendek. Untuk lahan kering beriklim basah dengan kendala utama masalah kemasaman tanah, kini sudah tersedia varietas unggul kedelai yang toleran terhadap kondisi masam hingga pH 4,4 yaitu Tanggamus, Sibayak, Seulawah, dan Wilis. Telah teridentifikasi calon varietas unggul yang toleran kekeringan selama fase generatif, yaitu Aochi-wil-60 dan 967/kawi-d9-185.
2. Jarak tanam kedelai yang dinilai optimal untuk baris tunggal adalah 40 cm antar baris dan 10–15 cm dalam baris dengan 2 tanaman/rumpun. Sedangkan untuk baris ganda adalah 40 cm antar baris ganda, 30 cm antar baris dalam baris ganda, dan 15 cm dalam baris atau (40x30 cm) x 15 cm, 2 tanaman/rumpun. Beragamnya karakteristik tanaman dan daun dari varietas unggul baru maka diperlukan adanya evaluasi terhadap pengaturan jarak tanam atau populasi tanaman tersebut.
3. Tanaman kedelai membutuhkan N yang cukup tinggi, namun >90% dapat dicukupi dari hasil fiksasi N oleh *Rhizobium* yang bersimbiosis dengan akar kedelai. Pemupukan N berdampak positif terhadap peningkatan hasil namun dapat menekan populasi *Rhizobium*. Inokulasi *Rhizobium* pada biji kedelai meningkatkan terbentuknya bintil akar namun tidak selalu meningkatkan hasil.

Populasi Rhizobium pada lahan kering diketahui cukup tinggi terutama yang sudah sering ditanami kedelai. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan pupuk N yang baik agar diperoleh sinergi yang optimal antara N dengan Rhizobium. Pada lahan kering dengan kandungan C-organik <3% pemupukan N cukup diberikan dalam dosis rendah (12–22,5 kg N/ha), dan tidak diperlukan pemupukan N jika C-organik >3%.

4. Karakteristik kimia dan kesuburan lahan kering sangat beragam. Faktor kesuburan yang mungkin menjadi kendala pada lahan kering di wilayah iklim kering adalah rendahnya bahan organik, K dan P tersedia. Sedangkan pada lahan kering di wilayah beriklim basah adalah rendahnya pH tanah, bahan organik, K dan P tersedia, serta tingginya Al-dd.
5. P tersedia <6 ppm P (dengan Bray-1) dinilai rendah baik pada lahan masam maupun non-masam. Pada tingkat P tersedia tersebut pemupukan 18–36 kg P₂O₅/ha pada lahan kering pH mendekati netral dinilai cukup, sedangkan jika pH <5 diperlukan 36–270 kg P₂O₅/ha. Efisiensi P pada lahan masam dapat ditingkatkan dengan pengapuran atau penambahan bahan organik.
6. Pemupukan K dosis 45–60 kg K₂O/ha diperlukan jika kandungan K-dd tanah <0,4 me K/100 g, dan jika K-dd lebih tinggi dari nilai tersebut tidak diperlukan pemupukan K.
7. Pada lahan kering yang bereaksi masam penggunaan P-alam dan SKMg pada dosis 150 kg/ha dapat menggantikan pupuk SP36 dan KCl dosis 100 kg/ha.
8. Pada lahan kering yang mempunyai pH agak masam hingga basa, kedelai respon terhadap pemupukan 100 kg S/ha jika kandungan S dalam tanah 24,2 ppm SO₄.
9. Pemberian pupuk kandang antara 10 hingga 20 t/ha cukup untuk menggantikan fungsi pupuk anorganik N, P, K.
10. Pemberian dolomit setara ½ x Al-dd pada lahan kering masam sangat efektif untuk meningkatkan hasil kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurachman, A., K. Nugroho, dan Sumarmo, 1999. Pengembangan lahan kering untuk menunjang

ketahanan pangan nasional. Hlm. 21–37. *Dalam* Irsal Las *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumberdaya Lahan. Buku I. Puslittanak, Bogor.

Abdurachman, A., I. Juarsah, dan U. Kurnia, 2000. Pengaruh penggunaan berbagai jenis dan takaran pupuk kandang terhadap produktivitas tanah Ultisols terdegradasi di Desa Batin, Jambi. Hlm. 303–319. *Dalam* Fahmuddin Agus *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Buku 2. Puslittanak, Bogor.

Adiningsih, J.S. dan M. Sudjadi, 1983. Pengaruh penggenangan dan pemupukan terhadap tanah Podsolik Lampung Tengah. Pemb. Pen. Tanah dan Pupuk 2:1–8.

Adisarwanto, T. 1990. Kajian inokulum Rhizogen dan PPC terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan kering. Pen. Palawija 5(1):24–30.

Adisarwanto, T. 2000. Laporan Tahunan Balitkabi tahun 2000. Balitkabi, Malang.

Ahmad, F. dan K.H. Tan, 1991. Availability of fixed phosphate to corn (*Zea mays* L.) seedling as affected by humic acids. Indon. J. Trop. Agric. 2(2):66–72.

Akil, M., H. Supadmo dan S. Andyantoro, 1990. Tanggapan kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) terhadap pemberian kalium dan sulfur di Aluvial berkapur. Agrikam 5(1):27–30.

Al-Jabri, M., O. Koswara, M. Sudjadi dan L.I. Nasution, 1987. Keterkaitan antara parameter uji fosfat dan sifat-sifat tanah dalam mempengaruhi nilai uji fosfat untuk tanah-tanah masam. Pemb. Penel. Tanah dan Pupuk 7:19–23.

Amien, I., A. Sofyan, dan M. Sudjadi, 1985. Pengaruh pengapuran terhadap sifat kimia tanah Ultisol Banten Jawa Barat. Pemb. Pen. Tanah dan Pupuk 4:6–10.

Arsyad, M.A., A. Yusuf, Kamsiyono dan Purwantoro, 2001. Evaluasi adaptasi galur-galur kedelai di lahan kering masam. Hlm. 27–34. *Dalam* Darman M.A dkk. (eds). Risalah Seminar Kinerja Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Puslitbangtan.

Asmarhansyah, M.A. Firmansyah, dan D.A. Suriadikarta, 2001. Aplikasi pupuk Urea, SP-36, dan Rhizoplas pada kedelai di lahan kering masam Parenggean, Kalimantan Tengah. Hlm. 89–93. *Dalam* Darman M. Arsyad *et al.* (eds). Kinerja Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Puslitbangtan.

Balitkabi, 1998. Laporan Tahunan Balitkabi Tahun 1997/1998. 124 hlm.

Balitkabi, 2000. Laporan Tahunan Balitkabi Tahun 1999/2000. 169 hlm.

- Buurman, P. 1980. Red soils in Indonesia, a state of knowledge. p. 1–12. *In* P. Buurman (ed). Red Soils in Indonesia. Centre for Agric. Pub. and Doc. Wageningen, Netherland.
- Chien, S.H., R.G. Menon, and K.S. Billingham, 1996. Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water-soluble phosphorus. *Soil Sci. Am. J.* 60(4):1173–1177.
- Fixen, P.E., and P.L. Carson, 1978. Relationship between soil test and small grain response to P fertilization in field experiments. *Agron. J.* 7(95):838–844.
- Follet, R.H., L.S. Murphy, and R.L. Donahue, 1981. *Fertilizers and Soil Amendments*. Prentice Hall, Inc., London. P. 393–422.
- Hairiah, K., S. Ismunandar dan E. Handayanto, 1998. Pengelolaan tanah secara biologi pada lahan kering beriklim basah melalui pendekatan holistik dan spesifik lokasi menuju sistem pertanian berkelanjutan. Hlm. 12–28. *Dalam* Sudaryono *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. dan Pertemuan Tahunan Komisarariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998 (Buku 1).
- Hakim, N., Agustian dan Syafrimen, 1989. Effect of lime fertilizers and crop residues on yield and nutrient uptake of upland rice, soybean and maize in intercropping system. *In* J. van der Heide (edt). *Nutrient Management for Food Crop Production in Tropical Farming Systems*. Inst. for Soil Fert. and Univ. Brawijaya Malang. P. 349–360.
- Harnowo, D, dan S. Brotonegoro, 1987. Pengaruh inokulasi rhizobium dan perawatan benih dengan insektisida pada pertumbuhan dan hasil biji kedelai. *Pen. Palawija* 2(2):89–94.
- Harsono, A. 1999. Teknologi budidaya kacang tanah spesifik lokasi di lahan tegal dan sawah. Makalah Pelatihan Produksi Benih Kacang Tanah. Balitkabi Malang. hlm. 30–44.
- Hartatik, W. dan J.S. Adiningsih, 1987. Pengaruh pengapuran dan pupuk hijau terhadap hasil kedelai pada tanah Podsolik Sitiung di Rumah Kaca. *Pemb. Tanah dan Pupuk* 7:1–4
- Hartatik, W., A. Kasno, P. Kabar dan J. Sri Adiningsih, 1998. Perbandingan efektivitas sumber dan takaran pupuk fosfat terhadap tanaman padi dan kedelai pada lahan kering masam. hlm. 37–61. *Dalam* Undang Kurnia *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- Hariyono, B. 1998. Pemanfaatan lahan pertanian kelapa dengan usahatani tanaman pangan di lahan kering beriklim kering. Hlm 217–223. *Dalam* Sudaryono *et al.* (eds). Pros. Sem. dan Pertemuan Tahunan Komisarariat Daerah HITI Tahun 1998. HITI Komda Jatim.
- Irianto, G., H. Sosiawan, dan S. Karama, 1998. Strategi pembangunan pertanian lahan kering untuk mengantisipasi persaingan global. Hlm. 77–92. *Dalam* Undang Kurnia *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- Iyamuremye, F., R.P. Dick and J. Baham, 1996. Organic amendments and phosphorus dynamics: III. Phosphorus speciation. *Soil Sci.* 161(7):444–451.
- Juarsah, I., S. Sutono, A. Abdurachman, dan U. Kurnia. 2000. Peningkatan produktivitas tanah Haplorthox terdegradasi dengan bahan amelioran dalam sistem pertanaman lorong di Desa Batin Propinsi Jambi. Hlm. 399–410. *Dalam* Fahmuddin Agus *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Buku 2. Puslittanak. Bogor.
- Jumberi, A., dan NoorGINAYUWATI. 1996. Perbaikan teknologi produksi tanaman pangan di lahan kering beriklim basah. Hlm. 489–514. *dalam* M. Sabran *et al.* (eds). Pros. Sem. Teknologi Sistem Usahatani Lahan Rawa dan Lahan Kering. Buku 2. Balittan Banjarbaru.
- Kamprath, E.J. 1970. Exchangeable Al as a criterion for liming leached mineral soil. *Soil Sci. and Amer. Proc.* 34:252–254.
- Karama, A.S. 2000. Kebijakan departemen pertanian dalam pemanfaatan sumberdaya lahan yang optimal. Hlm. 1–3. *Dalam* Irsal Las *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumber Daya Lahan. Buku 1. Puslittanak, Bogor.
- Kasno, A., J.S. Adiningsih, D. Santoso dan D. Nursyamsi, 1998. Pengelolaan hara terpadu untuk meningkatkan dan mempertahankan produktivitas lahan kering masam. hlm. 161–178. *Dalam* Undang Kurnia *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- Kuntyastuti, H., dan T. Adisarwanto, 1996. Pemupukan kalium pada kedelai di tanah Vertisol dan Regosol. *Pen. Pert. Tan. Pangan* 15(1):10–15.
- , 2000a. Pemberian pupuk SP-36 dan kotoran ayam pada kedelai di lahan kering tanah Ultisol dan Alfisol. *Pen. Pert. Tan. Pangan* 19(3):59–65.
- , 2000b. Respon kedelai terhadap pupuk P dan pupuk organik di lahan kering. Makalah disampaikan pada Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan, tanggal 7 Nopember 2000 di Pati, Jawa Tengah. 20 hlm.
- , dan A. Taufiq, 2000. Efisiensi penggunaan pupuk organik pada kedelai di lahan kering. Laporan Hasil Penelitian Dana PAATP. 17 hlm.

- , dan B.S. Radjit, 2000. Efisiensi pupuk P, K dan bahan pembenah tanah pada kedelai dilahan kering tanah Alfisol. Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Penggunaan Input pada kedelai di Lahan Kering Tanah Alfisol dan Ultisol. Laporan Teknis Tahun 1999/2000. 13 hlm.
- , dan B.S. Radjit, 2001. Kalibrasi lapang unsur P, K dan C-organik pada kedelai di lahan kering. Laporan Teknis Balitkabi Tahun 2000. 7 hlm.
- , dan G.W.A. Santoso, 2001. Pemupukan kalium dan sulfur pada kedelai di lahan kering. *Tropika*. 9(1):32–44.
- Maamun, M.Y., B. Prayudi, dan M. Sabran. 1994. Hasil Peneliti Utama Balittan Banjarbaru. 94 hlm.
- McIntosh, J.L., and K.E. Varney, 1973. Accumulative effects of manure and N on continuous corn and clay soils, II Chemical changes in soil. *Agron. J.* 65(4):629–633.
- Meek, B.D., L.E. Graham, T.J. Donovan and K.S. Mayberry, 1979. Phosphorus availability in a calcareous soil after high loading rates of animal manure. *Soil Sci. Am. J.* 43:741–744.
- Mengel, D.B., W. Segars and G.W.Rehnm, 1987. Soil fertility and liming. p:461–496. *In* J.R. Wilcox (ed). *Soybean, Improvement and Uses*. Second Ed. ASA. Madison.
- Muchlis Adie, M. *et al* (eds). 2000. Laporan Tahunan Balitkabi Tahun 1999/2000.
- Munir, R. 1991. Pengaruh pupuk kandang dan pupuk P terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai pada tanah Podsolik Merah Kuning. *Pembr. Penel. Sukarami*. 19:43–45.
- Nasution, I., dan M. Al-Jabri. 1999. Hubungan hasil tanaman kedelai dengan pemupukan P pada beberapa status P tanah yang berbeda berdasarkan erapan P tanah pada tanah Ultisols Lampung. Hlm. 177–189. *Dalam* Fahmuiddin Agus *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Buku 2. Puslittanak. Bogor.
- Nursyamsi, D., J.S. Adiningsih, Sholeh dan A. Adi, 1997. Penggunaan bahan organik untuk meningkatkan efisiensi pupuk N pada Ultisol Sitiung, Sumatra Barat. *Prosiding Seminar Suberdaya Lahan (Buku I)*. Puslitanak, Bogor. Hlm. 319–330.
- Nursyamsi, D., MT. Sutriadi, dan U. Kurnia. 2004. Metode ekstraksi dan kebutuhan P tanaman kedelai pada Typic Kandiudox di Papanrejo Lampung. *Jurnal Tanah dan Iklim* No. 22:15–25.
- Pramono, J dan B. Hartoyo, 1998. Optimasi pemanfaatan lahan kering melalui implementasi pola pertanian ganda antara tanaman pangan dengan tanaman obat. Hlm. 262–266. *Dalam* Sudaryono *et al.* (eds). Pros. Sem. dan Pertemuan Tahunan Komisarariat Daerah HITI Tahun 1998. HITI Komda Jatim.
- Purnomo, J., Mulyadi, S. Widodo, dan J. Sri Adiningsih, 1996. Rehabilitasi tanah Ultisols (Podsolik Merah Kuning) dengan pemupukan P dan pengelolaan bahan organik. hlm. 13–23. *Dalam* D. Santoso *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- , A. Kencanasari, dan S. Suping, 1998. Penelitian efisiensi pemupukan kalium pada tanah Ultisol di Lampung. hlm. 351–359. *Dalam* Undang Kurnia *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- Purwanto, B.H dan R. Sutanto, 1997. Pencirian gugus fungsional hasil dekomposisi bahan organik dan peranannya terhadap ketersediaan P pada Ultisol. *Prosiding Seminar Suberdaya Lahan (Buku I)*. Puslitanak, Bogor. Hlm. 505–517.
- Purwaantoro, H. Kuswantoro, dan D.M. Arsyad. 2007. Keragaan beberapa galur kedelai di tanah Ultisol. Hlm 23–32. *Dalam* D. Harnowo *et al.* (peny.). *Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacangkacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan*. Puslitbangtan, Bogor. 628 hlm.
- Radjid, B.S. 2000. Pengaruh cara olah tanah, pupuk organik dan NPK pada kedelai di lahan kering tanah Alfisol. hlm. 38–42. *Dalam* I Nyoman Rista *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Pengembangan Teknologi Pertanian Dalam Upaya Mendukung Ketahanan Pangan Nasional, 23–24 Oktober 2000 di Denpasar.
- Radjit, B.S., A. Mardjuki dan Soenjoto, 1986. Tanggapan kedelai terhadap jarak antar baris dan populasi pada kondisi kering. *Pen. Palawija* 1(2):64–71.
- Radjit, B.S., dan H. Kuntastyuti, 2001. Kalibrasi rumah kaca status hara NPKS pada kedelai di lahan kering. Laporan Teknis Balitkabi TA 2000. 11 hlm.
- Rahmianna, A.A., H. Kuntastyuti, dan B.S. Radjit, 2001. Komparasi penggunaan pupuk NPK anorganik dengan sumber hara alternatif dalam upaya peningkatan hasil kedelai di lahan kering Alfisol. Makalah disampaikan pada Sem. Nas. Pertanian Ramah Lingkungan pada tanggal 12 Nopember 2001 di Pati, Jawa Tengah. 12 hlm.
- Rosolem, C.A., and J. Nakagawa, 1985. Potassium uptake by soybean as affected by exchangeable potassium in soil. *Commun. in Soil Sci. Plant Anal.* 16(7):707–726.
- Setiawan, D. 1997. Keragaman susunan mineral liat beberapa tanah Sumatra Selatan (Buku II). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*. Hlm. 33–40.

- Soepartini, M. 1995. Peningkatan produktivitas lahan untuk perbaikan pengelolaan dan produksi pangan. Hlm. 89–110. *Dalam* Djoko Santoso *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Kebijakan. Puslittanak, Bogor.
- Sofyan, A., J. Sri Adiningsih, Diah S., Tini P., Sri Rochyati, Dedi M., dan Haryadi, 1997. Perkembangan dan prospek pengelolaan hara terpadu di Indonesia. hlm. 83–96. *Dalam* Subagyo. H. *et al.* (eds). Penatagunaan Tanah sebagai Perangkat Penataan Ruang dalam Meningkatkan Kesejahteraan Rakyat. Pros. Konggres Nasional VI HITI. Buku I, Jakarta.
- Subandi, A. Harsono, dan H. Kuntiyastuti. 2007. Areal pertanaman dan sistem produksi kedelai di Indonesia. Hlm 104–129. *Dalam* Sumarno *et al.* (Peny.). Kedelai: Teknik produksi dan pengembangan. Puslitbangtan, Bogor. 521 hlm.
- Subiksa, IG.M., IB. Aribawa, Safrin A., dan J. Sri Adiningsih, 1998. Evaluasi keefektifan kaptan super fosfat (KSP) dan fosfat alam pada lahan sulfat masam dan kering masam di Kalimantan Selatan. hlm. 325–338. *Dalam* Undang Kurnia *et al.* (eds). Pros. Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor.
- Subowo, Subagja dan M. Sudjadi, 1990. Pengaruh bahan organik terhadap pencucian hara tanah Ultisol Rangkasbitung, Jawa Barat. *Pemberitaan Pen. Tanah dan Pupuk* (9):26–32.
- Sudaryono, H. Kuntiyastuti dan B. Santoso, 2001. Dinamika hara makro, mikro, perbaikan dan konservasi sifat fisik lahan kering untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi kedelai. Laporan Teknik Balitkabi tahun 2001.
- Sudiyarso, M., dan Muharto, 1983. Perubahan bentuk P dari beberapa pupuk fosfat dalam tanah Podsolik Merah Kuning Lampung dan Banten. *Penelitian Pertanian*. 3(2):60–63.
- Suhartatik, E., F. Rumawas, J. Koeswara, dan O. Koswara, 1987. Pengaruh pemberian kapur dan pupuk kandang terhadap hasil kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) pada tanah Latosol. *Penelitian Pertanian*. 7(2):61–68.
- Suhartina. 2007. Evaluasi galur harapan kedelai hitam toleran kekeringan dan berdaya hasil tinggi. Hlm 153–161. *Dalam* D. Harnowo *et al.* (peny.). Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan. Puslitbangtan, Bogor. 628 hlm.
- Sulaeman, IP.G. Wijaya-Adhi, IM. Widjik S., dan N. Sri Mulyani, 1992. Pengaruh pemupukan kalium dan pencucian serta interaksinya terhadap ketersediaan kalium dalam tanah. *Pemb. Pen. Tanah dan Pupuk*. 10:34–46.
- Sumadi, S. 1985. Tanggapan kedelai terhadap inokulasi *Rhizobium* dan pemupukan N. *Pen. Pertanian* 5(3):137–140.
- Sumadi, S. 1987. Estimation of fixed nitrogen by soybean root nodules of T 201 and Enrei cultivars. *Pen. Pertanian* 7(1):29–32.
- Supriyo, A., R. Ramli, M. Wilis, dan A. Budiman, 1997. Penelitian pengembangan sistem produksi kedelai skala mekanisasi pada lahan kering. Hlm. 289–305. *Dalam* Izzuddin Noor *et al.* (eds). Penelitian Tanaman Pangan pada Berbagai Ekosistem di Kalimantan. Balittan Banjarbaru.
- Suryani, E., R.E. Subandiono, D. Djaenuddin, dan B.H. Prasetyo, 2000. Karakteristik tanah merah di daerah pantura Jawa Timur. Hlm. 179–194. *Dalam* Fahmuddin Agus *et al.* (eds). Pros. Sem. Nas. Sumber Daya Tanah, Iklim, dan Pupuk. Buku 1. Puslittanak, Bogor.
- Suryantini, 2001. Kajian efektivitas penggunaan pupuk mikroba dan pupuk organik pada kedelai di lahan kering. Makalah disampaikan pada Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan pada tanggal 12 Nopember 2001 di Pati, Jawa Tengah. 12 hlm.
- Sutanto, R., A. Maas, E. Van Rants, G. Stoops and H. Eswaran (eds). 1994. *New Wave in Soil Science: Pedological excursions areas around Yogyakarta, Central Java Indonesia*. Dept. of Soil Sci., Fac. Of Agric., Gadjah Mada Univ., Yogyakarta. 98 p.
- Suwono, 1989. Pengaruh pemupukan kalium terhadap hasil dan pertumbuhan kedelai di lokasi “Gejala Kuning” di Ponorogo. *Pen. Palawija*. 4(2):142–148.
- Tandon, H.L.S. 1991. *Sulphur Research and Agricultural Production in India*. 3rd eds. The Sulphur Institute. Washington D.C., USA. p 49.
- Tandon, H.L.S., and I.J. Kimmo, 1993. Balance fertilizer use, Its practical importance and guidelines for agricultural in the Asia-Pasific Region. ESCAP/FAO/UNIDO, New York. 49 p.
- Taufiq, A. 2001. Evakuasi keharaan Alfisol dan peningkatan produktivitasnya untuk kacang tanah. *Ilmu Pertanian* 8(1):26–32.
- Taufiq, A., dan A.G. Manshuri. 2005. Pemupukan dan pengapuran pada varietas kedelai toleran lahan masam di Lampung. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 24(3):147–158.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton, 1985. *Soil Fertility and Fertilizer*. 4th ed. Macmillan Publishing Company, New York. 754 p.
- Van der Heide, J., S. Setijono, M.S.Syekhfani, E.N. Flach, K. Hairiah, S.M. Sitompul, and M. van Moordwijk, 1992. Can low external input cropping system on acid upland soils in the humid tropics be sustainable? *Agrivita* 15:1–10.

- von Uexkull, H.R. 1986. Sulphur interactions with other plant nutrients. P. 212–242. *In* Sulphur in Agricultural Soils. Proceedings of the International Symposium. BRAC Printers, Dhaka.
- Wade, M.K., and IP.G. Widjaja-Adhi, 1989. Phosphorus fertilizer management and P availability on a high sorption tropical soil. *Pemb. Penel. Tanah dan Pupuk*. 8:7–13.
- Wade, M.K., M. Al-Jabri dan M. Sudjadi, 1986. The effect of liming on soybean yield and soil acidity parameters of three Red-Yellow Podsolc soils of West Sumatera. *Pemberitaan Pen. Tanah dan Pupuk* (6):1–8.
- Wijanarko, A, dan Sudaryono. 2007. Uji kalibrasi Pada tanaman kedelai di tanah Ultisol Seputih Banyak Lampung Tengah. Hlm 233–242. Dalam D. Harnowo et al. (peny.). *Prosiding Seminar Peningkatan Produksi Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Mendukung Kemandirian Pangan*. Puslitbangtan, Bogor. 628 hlm.
- Wigena, IG.P., dan J. Purnomo. 1997. Teknologi pengelolaan lahan kering masam di Kalimantan. Hlm. 251–268. *Dalam* H. Suhardjo et al. (eds). *Pros. Temu Konsultasi Sumberdaya Lahan untuk Pembangunan Wilayah Kalimantan, Palangkaraya*. Cetakan II. Puslittanak. Bogor.
-