

AMELIORASI DAN PEMUPUKAN TANAMAN KEDELAI DI LAHAN RAWA PASANG SURUT

Khairil Anwar dan Muhammad Alwi

Balai Penelitian Pertanian Lahan Rawa

RINGKASAN

Pada lahan rawa pasang surut kedelai banyak ditanam pada lahan potensial, lahan sulfat masam potensial dan lahan gambut dengan tipe luapan B, C, dan D. Umumnya tanah pada tipologi lahan tersebut bersifat sangat masam dan kahat hara sehingga memerlukan pemberian bahan amelioran dan pupuk. Pada lahan sulfat masam potensial dengan $pH < 4,0$ perlu diberikan kapur sebesar 2–3 t/ha, tetapi apabila $pH \geq 4,0$ maka cukup diberikan 1 t/ha. Pada lahan sulfat masam ($pH > 4,0$) dan belum pernah ditanami kedelai perlu diberikan rhizobium dan nitrogen sebanyak 22,5 kg N/ha. Pada lahan sulfat masam $pH < 4,0$ efektifitas rhizobium menurun sehingga diperlukan 45 kg N/ha. Pada lahan tipe luapan C diperlukan 180 kg P_2O_5 /ha dan pada lahan tipe luapan B diperlukan 135 P_2O_5 /ha. Efek residu P sampai pada musim tanam kelima. Pupuk P dapat diberikan dalam bentuk TSP, SP36 atau fosfat alam, dengan cara larik, tugal atau sebar. Pada lahan dengan $pH \geq 4,0$ diperlukan sebesar 30 kg K_2O /ha, dan apabila $pH < 4,0$ diperlukan 60 kg K_2O . Pada lahan gambut tanaman kedelai memerlukan kapur 1 ton CaO/ha, yang belum pernah ditanami kedelai perlu diberi rhizobium dan 11,25 kg N/ha, apabila tanpa rhizobium diperlukan 23 kg N/ha. Pupuk P diberikan 22,5–45,0 kg P_2O_5 /ha dengan cara disebar, dan dalam bentuk SP26, SP36 atau fosfat alam. Pemberian pupuk mikroba biofosfat dapat mengurangi kebutuhan pupuk P setara 45 kg P_2O_5 /ha. Pupuk K diperlukan 30 kg K_2O /ha dengan cara sebar/tugal tetapi 60 kg K_2O /ha apabila dengan cara larik.

PENDAHULUAN

Pengembangan kedelai di lahan rawa diarahkan pada lahan potensial, lahan sulfat masam potensial dan lahan gambut. Lahan potensial merupakan lahan rawa pasang surut yang dicirikan oleh kedalaman pirit >50 cm, lahan sulfat masam merupakan lahan yang dicirikan oleh adanya lapisan pirit pada kedalaman <50 cm, sedangkan lahan gambut dicirikan oleh adanya lapisan gambut dengan ketebalan >50 cm. Pembukaan lahan dengan pembuatan saluran-saluran drainase skala besar (sistem garpu dan sisir) sering menyebabkan penurunan permukaan air tanah sehingga sebagian lahan yang terluapi air pasang pada saat musim hujan (tipe luapan B) berubah menjadi tipe luapan C dan D. Lahan tipe luapan C dan/atau D ini dapat dimanfaatkan untuk pengembangan tanaman kedelai dengan penerapan sistem bedengan dan drainase dangkal. Selain itu lahan tipe luapan B yang pada musim hujan terluapi air pasang masih bisa ditanami kedelai dengan penerapan sistem surjan, dimana bagian guludannya ditanami kedelai dan bagian bawahnya ditanami padi, khususnya untuk tanah mineral, sedangkan lahan gambut (tebal > 1 m) tidak dianjurkan untuk dibuat surjan.

Pertanaman kedelai menghendaki suasana oksidatif, tetapi mengakibatkan senyawa pirit teroksidasi sehingga pH rendah, kelarutan Al meningkat, dan ketersediaan hara menurun. Penurunan pH sangat bervariasi, tergantung pada kandungan pirit, tingkat oksidasi, dan daya sangga tanah (bahan penetral). Pada lapisan atas (0–20 cm), terdapat banyak perakaran umumnya pH berkisar 3,5–4,5 sehingga untuk pengembangan kedelai di lahan rawa pasang surut memerlukan varietas toleran kemasaman, bahan amelioran baik sebagai sumber hara maupun sebagai penetral kemasaman tanah. Hasil analisis kimia tanah menunjukkan bahwa umumnya tanah sulfat masam rendah hara P, K, Ca dan Mg (Alihamsyah *et al.*, 2003).

Pertanaman kedelai di lahan gambut dihadapkan pada sifat tanah gambut yang umum merupakan gambut ombrogen yaitu miskin hara, sangat masam, kejenuhan basa rendah, KTK tinggi, kadar abu bervariasi, P-tersedia rendah, dan unsur mikro Cu, Fe, Mn dan Zn rendah. Tingkat kesuburan tanah gambut ini dipengaruhi oleh tingkat dekomposisi, ketebalan, bahan penyusun dan lingkungan pembentukannya (Noor, 2001). Oleh karena itu, pengelolaannya haruslah mengacu pada hasil-hasil penelitian di lahan tersebut. Hasil-hasil analisis kimia tanah sulfat masam dan tanah gambut, serta penampilan kedelai ditingkat petani menunjukkan bahwa penanaman kedelai membutuhkan amelioran dan pupuk yang cukup, sesuai ketersediaan hara dan karakteristik tanah masing-masing.

TEKNOLOGI AMELIORASI DAN PEMUPUKAN

Lahan sulfat masam merupakan lahan yang berpotensi masam karena apabila lapisan pirit teroksidasi pH tanah turun. Kadar pirit meningkat dengan kedalaman sehingga kemasaman pada lapisan perakaran kedelai (0–20 cm) dapat mencapai pH 3,5 sampai 4,5. Berdasarkan kedalaman lapisan pirit dan tingkat oksidasi lahan sulfat masam dibagi menjadi dua kelompok utama, yaitu (1) tanah sulfat masam potensial, mempunyai (pH tanah > 4,0), dan (2) tanah sulfat masam aktual yang mempunyai (pH ≤ 4,0) Widjaya-Adhi (1995). Umumnya lahan sulfat masam aktual mempunyai pH < 3,5 sehingga kurang sesuai untuk pengembangan kedelai.

Lahan gambut dicirikan oleh kadar bahan organik dan ketebalan lapisan gambutnya > 50 cm. Pemanfaatan untuk tanaman pangan diarahkan pada ketebalan kurang dari 100 cm atau yang disebut sebagai gambut dangkal.

AMELIORASI

Lahan Sulfat Masam Potensial

Kendala utama dalam budi daya kedelai di lahan sulfat masam adalah kemasaman tanahnya (pH < 4,5). Padahal kedelai tergolong kurang tahan terhadap kemasaman tanah yang tinggi. Umumnya kedelai tumbuh dan berproduksi baik pada pH tanah > 4,5 dan kejenuhan Al < 20%. Hasil penelitian Anwar *et al.* (1994) pada tanah sulfat masam, menunjukkan bahwa hasil kedelai berkorelasi negatif dengan kandungan Al-dd tanah dan berkorelasi positif dengan jumlah nodula akar. Walaupun demikian, konsep kebutuhan kapur di lahan kering (berdasarkan Al-dd) tidak bisa dijadikan acuan di lahan rawa pasang surut, hal ini karena kandungan bahan organik umumnya berada pada kriteria sangat tinggi. Bahan organik tersebut memengaruhi nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah sehingga menurunkan nilai kejenuhan Al, karena itu walau nilai Al-dd termasuk kriteria tinggi, kedelai masih bisa tumbuh normal. Lahan rawa yang mempunyai pH 3,5–4,5 masih bisa ditanami kedelai, tetapi membutuhkan jumlah kapur yang lebih besar, dan kebutuhan kapur menjadi berkurang apabila menggunakan varietas kedelai toleran kemasaman dan keracunan Al. Kapur sebagai penetral kemasaman dapat diberikan dalam bentuk kalsit (CaCO₃) atau dolomit (Ca.Mg (CO₃)₂).

Berdasarkan hasil penelitian di lahan rawa, dapat disimpulkan bahwa tanah-tanah yang dimanfaatkan untuk tanaman kedelai sebaiknya yang mempunyai pH > 3,5. Lahan yang mempunyai kemasaman dengan pH < 3,5 membutuhkan kapur yang sangat banyak dan tidak ekonomis. Hasil penelitian

Balittra (2013) pada tanah sulfat masam dengan pH 3,3 menunjukkan bahwa pemberian dolomit dengan dosis 2 t/ha belum dapat menunjang pertumbuhan kedelai. Dari hasil penelitian Sarwani dan Noor (1993) pada tanah yang mempunyai antara pH 3,5 sampai 4,0 memerlukan dolomit 3 t/ha pada awal pertanaman, dan 2 t/ha pada musim tanam berikutnya selama empat musim tanam, diberikan dengan pola yang sama secara berulang. Pada tanah dengan pH >4,0 sampai 4,5, kapur diberikan 1 t/ha. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kebutuhan kapur ditentukan oleh varietas dan sistem/cara tanam. Varietas toleran dengan potensi produksi yang lebih tinggi akan menghasilkan hasil kedelai yang lebih tinggi (Tabel 22).

Tabel 22. Pengaruh kapur, drainase dan varietas terhadap hasil kedelai (t biji kerig/ha) pada lahan sulfat masam, UPT Barambai, Kab. Batola, Kalimantan Selatan.

Takaran Kapur dan Sistem Pengelolaan Air	Varietas		Rata-rata Sistem Pengelolaan Air t/ha	Rata-rata Pemberian Kapur
	Wilis	Menyapa		
Tanpa Kapur				1,22
-tanpa drainase	0,81	0,96	0,89	
-sistem Surjan	0,96	1,42	1,19	
-drainase dangkal	1,56	1,63	1,60	
1 t CaCO₃/ha				2,06
-tanpa drainase	1,79	2,17	1,98	
-sistem Surjan	1,77	2,35	2,06	
-drainase dangkal	1,72	2,56	2,14	
2 t CaCO₃/ha				2,26
-tanpa drainase	1,99	2,22	2,11	
-sistem Surjan	2,21	2,54	2,37	
-drainase dangkal	2,14	2,45	2,29	
Rata-rata	1,66	2,04		

Keterangan pH tanah = 4,1 dan Al-dd = 9,6 me/100g.
Sumber: Sarwani dan Noor (1993).

Hasil penelitian Koesrini *et al.* (2011) pada tanah sulfat masam potensial (pH 4,5) menunjukkan bahwa dolomit cukup diberikan dengan dosis rendah (80% dari kandungan Al-dd) atau 1 t/ha dapat meningkatkan hasil sebesar 47%. Daya toleransi dan potensi hasil kedelai menentukan produktivitas kedelai. Varietas toleran kemasaman (Lawit) dan agak toleran

(Anjasmoro) mempunyai produktivitas yang lebih tinggi dibanding yang rentan kemasaman (Argomulyo). Pada tanah sulfat masam aktual (pH 3,8), kapur dolomit diberikan dengan dosis tinggi (60% dari kandungan Al-dd) setara 4 t/ha, meningkatkan hasil 285%. (Tabel 23).

Tabel 23. Potensi hasil kedelai pada berbagai perlakuan kapur dolomit pada tanah SMA dan SMP, kec Wanaraya, Kab. Batola, pada MT 2009.

Perlakuan Varietas	Hasil Kedelai (t biji kering/ha)	
	Tanah SMA	Tanah SMP
Lawit	1,11	2,71
Anjasmoro	3,44	2,98
Argomulyo	2,76	1,63
Tingkat Kejenuhan Al dari tanah awal (K0)		
20 % K0 ^a	3,30	2,50
40 % K0	2,93	2,71
60 % K0	2,54	2,50
80 % K0	2,27	2,68
100 % K0	0,66	1,82

Tanah SMA pH = 3,8; Kej Al = 68,8%; Al-dd = 12,0 me/100g

Tanah SMP pH = 4,5; Kej Al = 24,3%; Al-dd = 7,3 me/100g

^aK0 = nilai kejenuhan Al pada tanah SMP = 24,3 %; SMA = 68,8%.

SMA = tanah sulfat masam aktual; SMP = tanah sulfat masam potensial

Sumber: Koesrini (2011)

Lahan Gambut

Lahan gambut umumnya sangat masam (pH 3–5). Kemasaman terjadi akibat tingginya asam-asam organik. Pada pH 4,0–5,0 umumnya terjadinya dominasi pengaruh oleh asam organik, sedangkan pada pH < 4,0 terjadi dominasi pengaruh oleh adanya ion H⁺ yang besar dari oksidasi pirit atau bahan gambutnya sangat miskin (substratum pasir kuarsa). Kemasaman tanah pada lahan gambut bervariasi, tergantung jenis gambut dan lokasi. Misalnya gambut pantai mempunyai pH > dari gambut pedalaman dan gambut yang dipinggir kubah (*dome*) (pH 4,3) > kubah gambut (pH 3,3). Umumnya pH menurun dengan semakin dalam gambut (Andries, 1992). Hasil kompilasi data yang dilakukan oleh Anwar (2012) juga mendapatkan hasil yang sama (Tabel 24). Sumber kemasaman pada lahan gambut adalah asam-asam organik hasil dari dekomposisi bahan gambut sehingga gambut di lahan rawa umumnya termasuk kriteria sangat masam, walaupun demikian asam-asam

organik merupakan asam lemah, sehingga kapur yang diberikan diutamakan sebagai sumber hara, tidak untuk menaikkan pH tanah. Ini berbeda dengan lahan mineral, dimana Al merupakan sumber kemasaman utama.

Tabel 24. Sifat kimia tanah gambut dari berbagai lokasi di Indonesia.

Lokasi	Kematangan gambut	pH H ₂ O	C-org. (%)	N-total (%)	P ₂ O ₅ (mg/100g)	KB (%)	KTK (me/100g)
PLG Kalteng		3,7			189	2	103
Ombrogen 0,5-1m				0,73			
1-2 m		3,5	34-55	-	70	1	127
2-3 m		3,2		1,64	134	2	162
> 3 m		3,6			77	2-3	96
PLG Kalteng					64	2-7	85
Topogen < 1m		3,8					
Merauke Papua	saprik	3,9	40	2,3	43	11	99
Bungku Sulteng	saprik	3,8	57	1,4	-	6,1	275
Kt Bangun Kaltim	hemik	4,6	41	1,5	-	17,2	133
Sebangau Kalteng	hemik	3,8	57	0,7	-	12	124
Br bengkel Kalteng	saprik	3,4	57	1,9	-	12	171
Maliku Kalteng	hemik	3,7	46	1,0	6	15	93
Jelapat Kalsel	-	3,8	35	1,5	52	13	84
Barambai Kalsel	-	3,7	9,9?	1,6	-	14,6	71
Tamban Luar Kalsel	-	3,5	12,3	1,1	-	12	77
Ketapang Kalbar	hemik	3,5	51	1,5	23	4	104
Dendang Jambi	hemik	4,0	48	1,6	-	80	32
Kubang Ujo Jambi	hemik	4,4	32	1,4	-	11	70
Dlt Upang Sumsel	-	4,9	23	0,7	-	13	46
Seluma Bengkulu	-	4,5	33	2,1	75	5	65
Tambilahan Riau	hemik	3,9	-	1,4	-	-	-
Sungai Rokan Riau	fibrik	3,8	52	2,1	60	5	115
Pulau Rupa Riau	hemik	4,4	55	1,0	-	6	161
Bunut, Kampar Riau	saprik	3,7	56	1,8	30	8	120
Sungai Siak Riau	-	3,6	55	1,9	70	6	134
Sungai Enok Riau	-	4,2	51	1,6	120	14	125
Silaut Sumbar	hemik	4,5	25	0,9	23	8	106
Meulaboh Aceh	saprik	4,7	39	1,4	89	4	282
Kude Teunom Aceh	fibrik	4,6	50	2,0	36	7	90

Data diambil dari lapisan atas pada satu sampel profil; diambil dari berbagai sumber.

Tiap lokasi, dapat bervariasi nilainya.

Sumber: Anwar (2012)

Peningkatan pH pada lahan gambut membutuhkan kapur dalam jumlah besar karena lahan gambut kaya akan gugus-gugus fungsional sehingga mempunyai kapasitas penyangga yang sangat besar. Kapur yang diberikan disangga oleh gugus-gugus fungsional tersebut sehingga tidak banyak membawa perubahan pH tanah, karena itu pemberian kapur tidak diperuntukan untuk menaikkan pH tanah, tetapi sebagai sumber hara Ca dan Mg serta perbaikan kelarutan beberapa hara dalam larutan tanah. Beberapa hasil penelitian Anwar dan Alwi (2001) menunjukkan bahwa pemberian kapur di lahan gambut cukup 1 t/ha setara CaO, baik dalam bentuk kapur dolomit, kalsit atau kapur oksida saat pengolahan tanah (Tabel 25).

Tabel 25. Pengaruh sumber dan takaran kapur terhadap hasil kedelai di lahan gambut, UPT Maluku, Kab. Kapuas, Kalimantan Tengah.

Sumber	Takaran Kapur (t/CaO/ha)				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
	----- t/ha -----				
Kalsit	1,39	1,40	1,79	1,80	1,69
Dolomit	1,39	1,68	1,72	1,52	1,52
Kapur Oksida	1,39	1,63	1,87	2,13	2,13

Sumber: Anwar dan Alwi (2001)

PEMUPUKAN NITROGEN

Lahan Sulfat Masam Potensial

Nitrogen (N) diperlukan sebagai penyusun protein menjadi salah satu hara penting yang sangat diperlukan oleh tanaman kedelai. Nitrogen diperoleh dapat melalui penambatan di udara oleh bakteri rhizobium atau pemberian pupuk N dalam bentuk anorganik atau organik.

Inokulasi rhizobium bertujuan untuk meningkatkan penambatan N dari udara sehingga mengurangi penggunaan pupuk N anorganik. Cara ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk N tanpa mengurangi hasil. Pada lahan yang sudah sering ditanami kedelai, inokulasi rhizobium tidak diperlukan lagi, karena rhizobium dapat bertahan dalam tanah selama 6 musim berturut turut tanpa tanaman kedelai tetap efektif, tetapi pupuk N tetap diberikan.

Hasil penelitian Anwar dan Noor (1993; 1994) menunjukkan bahwa pembentukan nodula akar dipengaruhi oleh kandungan Al-dd tanah, dan Al-dd berkorelasi negatif dengan hasil kedelai. Hasil ini menunjukkan bahwa

kemasaman tanah sangat menentukan produktivitas kedelai pada lahan sulfat masam. Pada lahan masam ($\text{pH} < 4$) dan belum pernah ditanami kedelai, apabila tanpa pemberian rhizobium diperlukan 90 kg N/ha, sedangkan bila diberikan rhizobium hanya diperlukan 45 kg N/ha.

Hasil penelitian pada tanah sulfat masam $\text{pH} \geq 4.0$ menunjukkan pemupukan N pada kedelai hanya bersifat starter, diberikan pada awal pertanaman dengan dosis rendah yaitu 22,5 kg N/ha (50 kg urea/ha). Pupuk N tidak perlu ditambahkan lagi karena bakteri rizobium akan menambat N untuk memenuhi kebutuhan N tanaman. Pada tanah sulfat masam $\text{pH} \leq 4.0$ menunjukkan efektifitas rizobium akan menurun oleh karena itu pupuk N diberikan 45 kg N/ha (100 kg urea/ha). Aplikasi pupuk N diberikan setelah tanaman tumbuh (5–7 hari), pupuk dilarik di sebelah barisan tanaman dengan jarak 5–10 cm (Tabel 26).

Tabel 26. Pengaruh N, P, dan K terhadap hasil kedelai pada lahan sulfat masam, Kab. Batola, Kalsel dan KP Unit Tatas, Kapuas, Kalteng

Takaran NPK (N- P ₂ O ₅ -K ₂ O) kg/ha	Hasil kedelai (t biji kering/ha)			
	KP. Unit Tatas (pH 3,5)	Barambai (pH 3,7)	Pinang Habang (pH 4,3)	Simpang Jaya (pH 4,5)
0 - 0 - 0	1,58	-	0,72	1,22
22,5 - 22,5 - 0	-	1,04	-	-
0 - 22,5 - 60	1,54	-	0,69	-
22,5 - 22,5 - 30	-	1,20	-	-
22,5 - 22,5 - 60	1,91	-	1,06	-
22,5 - 45 - 60	1,71	-	1,22	1,39
22,5 - 45 - 90	-	-	-	1,77
22,5 - 67,5 - 30	1,95	1,46	1,08	1,47
46 - 67,5 - 30	-	1,92	-	-
22,5 - 90 - 30	-	-	-	1,54
22,5 - 67,5 - 60	1,99	-	1,37	-
22,5 - 67,5 - 90	1,92	-	1,32	-
0 - 45 - 30	-	-	-	1,50
45 - 45 - 30	-	-	-	1,56
45 - 67,5 - 60	1,99	-	1,15	-
67,5 - 67,5 - 60	2,22	-	1,27	1,27
45 - 90 - 90	-	1,79	-	-

Sumber: Anwar dan Arifin (1993; 1994); Arifin dan Noor (1993; 1994).

Untuk menghemat penggunaan pupuk anorganik telah dikembangkan pupuk organik, termasuk untuk lahan rawa seperti biotara, biosure dan lainnya.

Hasil penelitian Mukhlis dan Rina (2012) pada lahan sulfat masam potensial (pH 4,7) menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik (Tithoganic) sebesar 1 t/ha mampu mensubsitisi 50% persen dosis pupuk anorganik (22,5 kg N + 67,5 kg P₂O₅ + 30 kg K₂O).

Lahan Gambut

Kandungan N total pada tanah gambut umumnya termasuk tinggi (> 0,51%), namun N-tersedia rendah, karena N yang ada umumnya dalam bentuk organik. Tingginya N ini karena unsur ini merupakan penyusun utama jaringan tanaman. Kadarnya dipengaruhi oleh asal spesies tanaman dan tingkat dekomposisi. Hasil analisis N total selalu berada dalam kriteria tinggi, namun N tersedia sangat rendah (Tabel 27). Kondisi porositas gambut mempermudah hara N tercuci oleh gerakan air. Sementara, disisi lain kandungan protien kedelai termasuk tinggi, berkisar 35–45%. Hal ini berarti kebutuhan hara nitrogen juga tinggi. Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk N pada tanah tersebut cukup 33,75 kg N/ha, dan apabila biji diinokulasi bakteri rhizobium hanya diperlukan 11,25 kg N/ha. Jumlah biji per polong berkorelasi positif dengan hasil kedelai (Tabel 27).

Tabel 27. Pengaruh pemberian rhizobium dan pupuk N terhadap hasil kedelai di lahan gambut

Sumbar Inokulan	Takaran Pupuk N (kg/ha)				
	0	11.25	22.50	37.50	45
	----- t/ha -----				
Tanpa inokulan	1,14	1,27	1,38	1,65	1,73
Rhizogen	1,26	1,85	1,90	1,82	1,74
Rhizoplus	1,13	1,28	1,54	1,71	1,68

Sumber: Anwar dan Lestari (2001)

PEMUPUKAN FOSFAT

Lahan Sulfat Masam Potensial

Penanaman kedelai menghendaki kondisi oksidasi (tidak tergenang) sehingga budi daya kedelai pada lahan sulfat masam berhadapan dengan peningkatan kelarutan Al³⁺ dan H⁺, dan mengakibatkan ketersediaan fosfat menjadi rendah akibat adanya oksidasi senyawa pirit. Beberapa hasil analisis tanah dari lahan sulfat masam di Kalimantan Selatan dan Tengah menunjukkan bahwa kandungan P-total berkisar 38,9–262 me/100g P₂O₅ dan P-Bray 3,4

sampai 12,8 ppm P. Hasil analisis korelasi menunjukkan ada keterkaitan antara P-tersedia, P-total, Al-dd dan pH tanah (Anwar, 2009). Lahan sulfat masam Sumetara mempunyai kandungan P-total berkisar 8,7 sd 42,4 me/100g P₂O₅ (Widjaja_Adhi, 1999).

Hasil penelitian pada lahan sulfat masam menunjukkan bahwa pada pertanaman pertama, kedelai membutuhkan pupuk P dalam jumlah besar. Pemberian pupuk P dengan takaran 180 kg/ha P₂O₅ pada tipe luapan B dan 135 kg/ha P₂O₅ pada tipe luapan C, mampu meningkatkan hasil kedelai dibanding kontrol. Pada bekas pertanaman padi yang mempunyai residu pemupukan P, cukup diberikan 45 kg/ha P₂O₅ (Tabel 28).

Tabel 28. Pengaruh pemberian pupuk P terhadap hasil kedelai di lahan sulfat masam tipe luapan B dan C pada

Takaran P kg/ha P ₂ O ₅	Tipe Luapan B		Tipe Luapan C	
	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 1	Lokasi 2
	----- t/ha -----			
0	1,43	1,66	1,35	1,10
45	1,45	1,72	1,60	1,35
90	1,49	1,81	1,65	1,46
135	1,54	1,82	1,86	1,66
180	1,63	2,02	2,03	
225	1,56	1,82	1,83	

Sumber: Anwar *et al.* (2009).

Pada penelitian efek residu pemupukan fosfat selama lima musim tanam pada tanah sulfat masam, disimpulkan bahwa terjadinya variasi respons antara lahan tipe luapan B dan C. Pemberian 180 kg P₂O₅/ha pada tipe luapan B dan 135 kg P₂O₅/ha pada tipe C saat tanam pertama memberi efek residu hingga musim tanam kelima. Kenyataan ini juga didukung oleh hasil analisis P-total, dimana pemberian pupuk P meningkatkan P-total tanah setelah panen. Semakin besar pupuk P yang diberikan, semakin besar residunya. Hasil ini menunjukkan bahwa hanya sebagian pupuk P yang diberikan diambil tanaman, sisanya menjadi residu dalam tanah yang bisa dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan hara P pertanaman berikutnya (Anwar *et al.* 1995, 1996, 1997 dalam Anwar, 2009). Hasil penelitian Anwar dan Susilawati (2011) dan Anwar (2011) pada lahan sulfat masam bergambut tipe luapan C menunjukkan bahwa kedelai respons terhadap pemberian kapur dan pemupukan NPK, hasil yang sama juga ditunjukkan pada pertanaman kedelai diatas guludan dengan sistem surjan pada lahan sulfat masam tipe luapan B/C.

Seiring dengan meningkatnya harga pupuk anorganik, maka pemanfaatan pupuk mikroba pelarut fosfat perlu dikaji. Beberapa pupuk hayati pelarut fosfat antara lain (a) biofosfat yang merupakan campuran pupuk hayati pelarut fosfat dari jamur *Aspergillus niger*, dan (b) rizhoplus merupakan pupuk hayati yang mengandung bakteri rhizobium yang diperkaya dengan bakteri pelarut fosfat, selain itu juga terdapat pupuk hayati pelarut fosfat lainnya dengan berbagai merk dagang, antara lain: Agronik, pupuk hayati Emas, M-Bio, Zeoriza, Nagawa Gronic, Petrobio, pupuk Symbios, dan Biocon. Penelitian Damanik dan Hairani (2000) pada tanaman kedelai pada tanah sulfat masam menunjukkan pemberian pupuk mikroba pelarut fosfat seperti rizhoplus, biofosfat dan mikorhiza mempunyai kemampuan mengurangi kebutuhan pupuk anorganik. Dengan demikian pupuk organik mempunyai prospek untuk dikembangkan. Walaupun demikian, perlu dikaji lebih jauh, syarat-syarat lingkungan tumbuh yang diperlukan agar mikroba tersebut efektif dalam melepas fosfat yang terikat.

Lahan Gambut

Menurut Abdurachman *et al.* (1998) dan Agus *et al.* (1997), lahan gambut miskin hara dan pH rendah. Untuk mengatasinya disarankan agar diberikan kapur dan pupuk lengkap, yang salah satunya berupa pupuk fosfat. Hal ini juga diungkapkan oleh Andriesse (1992) bahwa P-tersedia pada tanah gambut umumnya rendah, karena P berada dalam bentuk P-organik yang tidak tersedia bagi tanaman. Tingginya porositas mengakibatkan P-tersedia hasil dekomposisi mudah tercuci. Umumnya kandungan P menurun dengan kedalaman dan ketebalan gambut. Hal ini didukung hasil kompilasi data analisis gambut di berbagai lokasi (Lihat Tabel 24).

Hasil analisis Anwar (1995) dan Widjaja Adhi *et al.* (1999) dalam Anwar (2009) menunjukkan kandungan P-total lahan gambut di Kalsel dan Kalteng berkisar 59 sampai 108 mg $P_2O_5/100g$, sedangkan pada lahan gambut di Sumatera berkisar 21 sampai 67 mg $P_2O_5/100g$, dengan kandungan P-Bray1 berkisar 8 sampai 15 ppm P. Pemberian pupuk P dengan takaran 22,5–45 kg/ha P_2O_5 meningkatkan hasil kedelai. Cara disebar lebih baik daripada dilarik atau ditugal. Hal ini berkaitan dengan sifat immobil hara P didalam tanah, sehingga efektivitasnya ditentukan oleh persen kontak permukaan bulu akar dengan permukaan pupuk P, karena itu bila disebar, peluang kontak butir pupuk dengan perakaran semakin besar (Tabel 29). Pemberian fosfat alam kualitas rendah maupun SP-26 sama baiknya dengan pemberian dalam bentuk SP36 (Tabel 30).

Tabel 29. Pengaruh takaran dan sumber pupuk fosfat terhadap hasil kedelai pada lahan gambut dangkal desa Gandang, Kalteng.

Takaran Pupuk P (kg/ha P ₂ O ₅)	Cara Aplikasi Pupuk		
	Larik	Sebar	Tugal
	----- (t/ha) -----		
0	1,53	1,49 a	1,28 a
22,5	1,71 a	2,25 b	1,82 b
45	2,22 b	2,28 b	1,93 bc
67,5	2,08 b	2,38 b	2,09 c
90	2,08 b	2,38 b	2,06 bc

Sumber : Kesumasari *et al.* (2001).

Tabel 30. Pengaruh takaran dan sumber pupuk fosfat terhadap hasil kedelai pada lahan gambut dangkal, desa Gandang, Kalteng.

Takaran Pupuk P (kg/ha P ₂ O ₅)	Sumber Pupuk P		
	SP-36	Fosfat Alam	SP-26
	----- (t/ha) -----		
0	1,13	1,19	1,04
22,5	1,23	1,55	1,23
45	1,47	1,57	1,56
67,5	1,48	1,43	1,54
90	1,46	1,23	1,43

Sumber : Alwi dan Anwar (2001)

Usaha-usaha untuk mengurangi kebutuhan pupuk P buatan telah dilakukan yaitu dengan pemberian pupuk mikroba yang mengandung mikroorganisme pelarut fosfat. Pemberian 45 kg P₂O₅/ha mampu meningkatkan hasil pada lahan tanpa pemberian pupuk hayati, sedangkan yang diberikan pupuk hayati rizhoplus tidak berpengaruh terhadap hasil kedelai. Hasil ini menunjukkan bahwa bahwa bakteri pelarut fosfat mampu melarutkann P-terikat dalam tanah sampai takaran yang diperlukan tanaman sehingga tidak perlu lagi tambahan P dari pupuk buatan. Pemberian pupuk mikroba campuran "Rizhoplus" (bakteri fiksasi N dan pelarut P) tidak efektif karena masih memerlukan pupuk awal yang setara dengan keperluan pupuk P tanpa pemberian pupuk mikroba (Tabel 31). Dari uraian diatas, maka dapat disimpulkan bahwa pemberian pupuk mikroba pada tanah gambut sama nilainya dengan 45 kg P₂O₅. Dengan demikian pupuk tersebut mempunyai prospek untuk dikembangkan di lahan gambut.

Tabel 31. Pengaruh takaran pupuk fosfat dan pupuk mikroba pelarut fosfat terhadap hasil kedelai di lahan gambut, desa Gandang, Kalteng

Takaran Pupuk P (kg/ha P ₂ O ₅)	Sumber Pupuk P		
	SP36	Rizhoplus	Biofosfat
	----- (t/ha) -----		
0	1,35	1,28	1,70
45	1,83	1,68	1,89
90	1,56	1,67	1,85
135	1,47	1,72	1,79
180	1,73	1,70	1,76

Sumber : Alwi dan Anwar (2000)

PEMUPUKAN KALIUM

Lahan Sulfat Masam Potensial

Hara kalium diperlukan untuk berbagai kegiatan metabolisme tanaman, seperti asimilasi, transformasi asimilat, sintesa protein, penetral asam-asam organik dan pengatur kadar air (Soepardi, 1992). Di lapangan, para petani sering memberi abu sekam, abu gergajian, dan abu lainnya. Pemberian pupuk K pada lahan sulfat masam dengan pH > 4,0 cukup pada takaran 30 kg K₂O / ha (setara 50 kg KCl/ha), sedangkan pada lahan sulfat masam dengan pH ≤ 4,0 pada takaran 60 kg K₂O /ha (setara 100 kg KCl/ha). Pada lahan dengan pH < 4 pemberian 30 kg K₂O/ha tidak meningkatkan hasil kedelai (Lihat Tabel 26).

Lahan Gambut

Hasil analisis kalium pada berbagai tanah gambut menunjukkan status hara K termasuk kategori rendah (Lihat Tabel 24). Pemberian K pada tanaman kedelai menunjukkan respons yang baik. Hasil penelitian Anwar dan Raihana (2001) menunjukkan bahwa hasil kedelai pada tanah gambut dipengaruhi oleh cara aplikasi dan takaran pupuk K. Pemberian 30 kg K₂O/ha dengan cara tugal/sebar atau 60 kg K₂O/ha dengan cara larik memberikan hasil kedelai terbaik (Tabel 32).

Tabel 32. Pengaruh takaran dan cara aplikasi pupuk K terhadap hasil kedelai di lahan gambut, Maluku, Kalteng.

Cara Aplikasi Pupuk	Takaran K (kg K ₂ O/ha)				
	0	30	60	90	120
	-----t/ha-----				
Larik	1,13	1,17	1,40	1,10	1,11
Tugal	1,13	1,30	1,39	1,45	1,47
Sebar	1,13	1,63	1,51	1,40	1,10

Sumber: Anwar dan Raihana (2001)

PEMUPUKAN HARA MIKRO

Unsur mikro pada tanah gambut umumnya rendah terkadang muncul gejala kahat Cu, Fe, Mn, dan Zn secara spesifik pada tanaman kedelai di lahan rawa pasang surut, khususnya lahan gambut. Rendahnya kadar hara mikro pada tanah gambut disebabkan karena kuatnya ikatan kompleks logam-organik. Hasil penelitian pemberian pupuk mikro untuk tanaman kedelai belum banyak.

KESIMPULAN

Lahan rawa pasang surut baik lahan sulfat masam maupun lahan gambut termasuk kriteria sangat masam, kahat hara makro dan mikro. Kedelai respons terhadap pemberian kapur, rizobium, pupuk N, P dan K serta pupuk organik. Bervariasinya karakteristik lahan membutuhkan pemberian amelioran dan pupuk yang spesifik lokasi. Kemasaman tanah dapat diatasi dengan penggunaan varietas toleran yang dikombinasikan dengan pemberian bahan amelioran seperti kapur dan bahan organik.

Pemberian kapur dikelompokkan menjadi (1) tanah sulfat masam potensial pH > 4; (2) tanah sulfat masam potensial pH 3,5-4,0, dan (3) tanah gambut dangkal. Pada lahan sulfat masam dengan pH < 4,0 diberikan kapur sebesar 3,5 sampai 4 t/ha, lahan sulfat masam dengan pH ≥ 4,0 diberikan kapur 1 sampai 2 t/ha, sedangkan lahan gambut diberikan kapur 1 t/ha. Tanah sulfat masam aktual (pH < 3,5) tidak dianjurkan untuk penanaman kedelai. Kapur dapat diberikan dalam berbagai sumber. Pemberian bakteri rhizobium sangat nyata mengurangi jumlah pupuk nitrogen yang diberikan pada berbagai kelompok tanah, tetapi pupuk nitrogen anorganik tetap diberikan sebagai starter. Pemberian bahan amelioran (kapur) dapat meningkatkan efektifitas bakteri penambat N. Pada lahan sulfat masam dengan pH < 4,0 diperlukan

pupuk 45 kg N/ha dan pada lahan sulfat masam yang mempunyai pH \geq 4,0 diperlukan 22,5 kg N/ha. Pada lahan gambut diperlukan 11,25 kg N/ha dengan perlakuan rhizobium, tanpa rhizobium diperlukan pupuk N dengan takaran 2 kali lipat.

Mikroba pelarut P pada pupuk hayati dapat mengurangi pupuk P anorganik yang diperlukan, tetapi perlu diteliti lebih lanjut efektifitasnya pada berbagai kondisi kemasaman tanah. Pupuk P diberikan 180 kg P_2O_5 /ha pada lahan sulfat masam dengan pH $<$ 4,0 dan 135 kg P_2O_5 /ha pada lahan sulfat masam dengan pH \geq 4, pemberian tersebut memberi efek residu selama 5 musim tanam. Pada lahan gambut diberikan sebesar 45 kg P_2O_5 /ha. Pupuk K diperlukan tanaman kedelai, namun perannya untuk meningkatkan hasil relatif kecil, walaupun demikian tetap diperlukan untuk mendapatkan kualitas biji kedelai yang baik dan meningkatkan daya toleransi tanaman terhadap serangan penyakit. Beberapa abu dapat dijadikan sebagai sumber kalium di lapangan. Pada tanah sulfat masam, dengan pH $<$ 4,0 diberikan 60 K_2O /ha, sedangkan tanah sulfat masam yang mempunyai pH \geq 4,0 dan tanah gambut diberikan 30 kg K_2O /ha.

Hasil penelitian ameliorasi dan pemupukan yang telah disajikan dapat dijadikan dasar dalam membuat rekomendasi pemupukan oleh instansi terkait, Pembuatan zonase dalam 3 kelompok tanah tersebut diatas sangat membantu dalam penerapan paket ameliorasi dan pemupukan kedelai di lahan rawa pasang surut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman A., K. Sudarman dan D.A. Suriadikarta. 1998. Pengembangan lahan pasang surut: keberhasilan dan kegagalan ditinjau dari fisiko-kimia lahan pasang surut: *Dalam* M. Sabran *et al.* Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra, Banjarbaru.
- Agus B.S., G. Jayanto, dan Y.A. Hidayat. 1997. Penilaian kesesuaian lahan untuk pertanian pada lahan gambut satu juta hektar di wilayah kerja A. *Dalam* Expose hasil penelitian tanah/lahan untuk pengembangan lahan rawa/gambut satu juta hektar di Propinsi Kalimantan Tengah. Kuala Kapuas, 28 Februari dan 1 Maret 1997.
- Alwi M. dan K. Anwar. 2001. Respon tanaman kedelai terhadap pemberian fosfat di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 173–180. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar K. dan M. Noor. 1993. Hubungan antara sifat kimia tanah dengan pembentukan nodula akar kedelai (*Glycine max*, L., Merr.) pada

- tanah sulfat masam. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Hal. 22,5–34. Balittan Banjarbaru. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru.
- Anwar K. dan Z. Arifin. 1993. Takaran pupuk NPK pada kedelai di lahan pasang surut sulfat masam bergambut. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Hal. 55–64. Balittan Banjarbaru. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru.
- Anwar K. dan M. Noor. 1994. Hubungan sifat kimia tanah dengan hasil kedelai pada lahan pasang surut sulfat masam. Kalimantan Scientiae No. 31. Univ. Lambung Mangkurat. Banjarmasin.
- Anwar K dan M.Z. Arifin. 1994. Pengaruh pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut tipe B. Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993. Hal. 43–50. Balittan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Anwar K. dan M. Alwi. 1994. Pengaruh pemberian kapur dan fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut sulfat masam. Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993. Hal. 11–22. Balittan Banjarbaru. Banjarbaru.
- Anwar K. dan M. Sarwani. 1996a. Status unsur hara P di lahan sawah pasang surut. Semnas PERAGI. Jakarta.
- Anwar K. 1996. Peningkatan produksi kedelai melalui pemupukan N, P, dan K di lahan sulfat masam tipe C. *Dalam* M. Sabran *et al.* Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Menunjang Akselerasi Pengembangan Lahan Pasang Surut. Balittra, Banjarbaru.
- Anwar K. dan Y. Raihana. 2001. Pengaruh cara aplikasi dan takaran pupuk Kalium pada tanaman kedelai di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 423–430. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar K. dan M. Alwi. 2001. Pengaruh sumber dan takaran kapur terhadap tanaman kedelai di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 431–438. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar K. 2009. Pemupukan fosfat untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan rawa. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumber daya Lahan: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Buku II. Hal. 319–328. BBSDLP. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar K. 2008. Pemupukan fosfat untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan sulfat masam. Prosiding Semnas . BPTP Kalteng, Palangkaraya.
- Anwar K. 2009. Pemupukan fosfat untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan rawa. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Inovasi Sumber daya

- Lahan: Teknologi Konservasi, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Buku II. Hal. 319–328. BBSDLP. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Anwar K. 2011. Peningkatan produktivitas kedelai di lahan rawa pasang surut kawasan PLG melalui pemberian amelioran. Prosiding Semnas Sumber daya Lahan Pertanian, Pengelolaan Air, Iklim, dan Rawa. BBSDLP. Bogor.
- Anwar K dan A. Susilawati. 2011. Paket pemupukan dan ameliorasi untuk peningkatan produktivitas kedelai pada tanah sulfat masam bergambut di kawasan PLG. Prosiding Semnas Kacang-kacangan dan umbi-umbian. Puslitbangtan. Bogor.
- Anwar, K. Nurita dan M. Sarwani. 1995. Pengelolaan unsur fosfat di lahan sulfat masam. *Dalam* Hasil Penelitian Tanaman Pangan di Lahan Rawa. Buku 3. Pengelolaan Air, Tanah dan Hara di Lahan Sulfat masam. Badan Litbang. Puslitbangtan Pangan. Balittra banjarbaru.
- Anwar K., M. Sarwani dan M. Noor. 1995. Status unsur P di lahan sawah pasang surut. Malakah penunjang pada Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VI Peragi, Jakarta 25–27 Juni 1996.
- Anwar K. dan Nurita. 1997. Respons tanaman padi dan kedelai terhadap pemupukan fosfat dan residunya di lahan pasang surut sulfat masam tipe B dan C. Laporan Hasil Penelitian TA 1997/1998. Balittra, Banjarbaru.
- Anwar K. 2006. Pemupukan fosfat untuk meningkatkan hasil kedelai di lahan sulfat masam. Prosiding BPTP kalteng
- Anwar K dan A. Susilawati. 2011. Paket pemupukan dan ameliorasi untuk meningkatkan produktivitas kedelai pada tanah sulfat masam bergambut. Prosiding Semnas Kacang-kacangan dan umbi-umbian. Balitkabi. Malang.
- Anwar K. 2011. Peningkatan produktivitas kedelai di lahan rawa pasang surut kawasan PLG melalui pemberian amelioran dan pupuk. Prosiding Semnas Sumber Daya Lahan Pertanian: pengelolaan air, iklim dan rawa. BBSDLP. Bogor.
- Arifin MZ. Dan M. Noor. 1994. Pengaruh pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut tipe C. Risalah Hasil Penelitian Kacang-kacangan 1990–1993. Hal. 35–42. Balitran Banjarbaru. Banjarbaru.
- Balittra. 2013. Penelitian uji efektifitas pembenah tanah procal terhadap peningkatan pertumbuhan dan produktivitas padi, kedelai, jagung manis pada tiga tipologi lahan utama rawa pasang surut dan tanah kering masam. Laporan hasil penelitian kerjasama dengan PT. Pertani. Balittra. Banjarbaru.

- Damanik M. dan A. Hairani. 2000. Pemanfaatan mikroba pembantu untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P pada tanaman kedelai di tanah sulfat masam. Laporan akhir. Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif. Balittra.
- Fauziati N., Noordjanah dan K. Anwar. 2001. Kemampuan substitusi pupuk mikroba pelarut P terhadap pemupukan P pada tanaman kedelai di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 417–422. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Koesrini, K. Anwar, dan Nurita, 2011. Perbaikan kualitas lahan untuk meningkatkan produktivitas kedelai di lahan rawa sulfat masam potensial. *Jurnal Tanah dan Iklim*. Edisi khusus. Juli 2011. BBSDLP. Bogor.
- Noor, M, S. Saragih, dan Masganti. 1993. Tanggap kedelai terhadap sistem tata air, residu kapur dan pemberian kalium di lahan pasang surut sulfat masam. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Hal. 45–54. Balittan Banjarbaru. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru.
- Noor M. dan M. Damanik. 1993. Pengaruh pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan pasang surut tipe luapan C dengan sistem drainase dangkal. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Hal. 89–98. Balittan Banjarbaru. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru.
- Sarwani M. dan M. Noor. 1993. Sistem pengelolaan air dan pemberian kapur pada dua varietas kedelai di lahan pasang surut. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan Pasang Surut. Balittan Banjarbaru. Hal. 65–78. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru.
- Sari K., Nurita, dan K. Anwar. 2001. Pengaruh cara aplikasi dan takaran pupuk fosfat pada tanaman kedelai di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 409–416. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Simatupang P. 2013. Meningkatkan daya saing ubikayu, kedelai, dan kacang tanah untuk meningkatkan pendapatan petani, ketahanan pangan, nilai tambah dan penerimaan devisa. Prosiding Semnas Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi tahun 2012. Peningkatan daya saing dan Implementasi Pengembangan Komoditas Kacang dan Umbi Mendukung Pencapaian Empat Sukses Pembangunan Pertanian. Hal. 1–7. Puslitbangtan Pangan. Badan Litbang.
- Suryanto S. dan M. Noor. 1993. Tanggap kedelai terhadap residu kapur, pemupukan dan pengolahan tanah pada pola tanam padi-kedelai di lahan sulfat masam tipe luapan B. Hasil Penelitian Kedelai di Lahan

- Pasang Surut. Hal. 79–88. Balittan Banjarbaru. Puslitbangtan Pangan. Banjarbaru
- Raihana Y. dan K. Anwar. 2001. Kemampuan substitusi bakteri rhizobium terhadap pupuk N pada pertanaman kedelai di lahan gambut. Prosiding Pengelolaan Tanaman Pangan Lawan Rawa. Hal. 163–172. Puslitbangtan. Badan Litbang Pertanian. Bogor.
- Widjaja Adhi IPG. 1999. Bahan Anjuran: Kesuburan tanah lahan sulfat masam. Puslitbah. Bogor.