

Efisiensi Pemupukan pada Padi dan Palawija



**Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian**

Efisiensi Pemupukan pada Padi dan Palawija

Dikompilasikan oleh:

**Subandi Sudarman
Djamaluddin
Sania Saenong
Andi Hasanuddin**

**Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Departemen Pertanian
Juni 1990**

Laporan Khusus
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Tanaman Pangan

Penanggung Jawab
Ibrahim Manwan

Redaksi
Ibrahim Manwan
A. Dimyati
Mahyuddin Syam
Adi Widjono

Alamat
Jalan Merdeka 147, Bogor 16111
Telp. (0251) 324089, 312755

ISSN 0852-6222

KATA PENGANTAR

Peran pemupukan semakin penting dalam usaha intensifikasi pertanian untuk meningkatkan produktivitas lahan. Permintaan akan pupuk buatan (pupuk anorganik) meningkat dengan cepat dan diperkirakan akan terus meningkat sejalan dengan pengembangan intensifikasi tersebut. Pemerintah menyediakan dana yang cukup besar untuk subsidi pupuk. Oleh karena itu, efisiensi pemakaian pupuk buatan perlu ditingkatkan dengan teknologi yang sesuai.

Laporan ini menghimpun hasil penelitian tentang pemupukan yang dilakukan oleh enam Balai lingkup Puslitbang Tanaman Pangan. Dengan berbagai teknologi tentang pupuk dan pemupukan yang dihasilkan, efisiensi pemupukan diharapkan dapat ditingkatkan sehingga permintaan akan pupuk dapat ditekan tanpa mengorbankan produksi.

Berbagai bentuk, dosis, dan cara penggunaan pupuk yang meliputi upaya optimalisasi pemakaian pupuk disajikan dalam laporan ini. Penggunaan pupuk yang optimal sangat tergantung pada komoditas dan varietasnya serta keadaan hara dan fisik tanah setempat. Dengan menyajikan percobaan dan penelitian yang dilakukan di berbagai agro-ekosistem laporan ini diharapkan cukup bermanfaat dalam upaya meningkatkan efisiensi pemupukan, yang tidak hanya penting bagi pengambil kebijaksanaan, tetapi juga penting bagi petani untuk mengurangi biaya produksi yang tidak perlu.

Saya ucapkan terima kasih dan penghargaan kepada para peneliti yang mengkompilasikan dan menyumbangkan pikiran dan hasil penelitiannya, serta kepada semua pihak yang telah membantu sampai diterbitkannya laporan ini.

Kepala Pusat,

Ibrahim Manwan

Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan penghargaan dan terima kasih kepada para peneliti Puslitbang Tanaman Pangan, khususnya Karim Makarim, Soetjipto Partohardjono, Irwan Nasution, Sisniyati Roechan, Achmad Hidayat, Ruchyat Damanhuri, dan Djuber Pasaribu, yang telah memberikan masukan data dan hasil penelitian yang sangat berharga bagi tersusunnya Laporan Khusus ini.

Penghargaan yang tinggi kami sampaikan pula kepada Sylvia Sunarno atas saran-sarannya yang sangat berharga bagi perbaikan naskah laporan ini.

Redaksi

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PENDAHULUAN	1
EFISIENSI PEMUPUKAN	3
Padi Sawah	3
Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk	3
Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara	10
Varietas dan Budidaya	10
Padi Gogo	12
Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk	12
Varietas	12
Jagung	13
Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk	13
Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara	14
Varietas dan Budidaya	14
Kedelai	15
Dosis, Cara, dan Sumber Pupuk	15
Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara	15
Kacang Tanah	15
APLIKASI HASIL PENELITIAN	17
KESIMPULAN	21
DAFTAR PUSTAKA	23

PENDAHULUAN

Dalam Repelita V, Sektor pertanian diarahkan agar bertambah maju, efisien, dan tangguh. Langkah mendasar yang diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut adalah peningkatan efisiensi dan produktivitas setiap kegiatan pertanian (1).

Bertalian dengan hal tersebut, penelitian dan pengembangan pertanian diarahkan pada penciptaan teknologi yang efisien dalam penggunaan faktor produksi. Teknologi tersebut antara lain harus mampu (i) menekan biaya produksi untuk meningkatkan pendapatan petani dan daya saing produk pertanian; (ii) meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia seperti pupuk, herbisida, dan pestisida; serta (iii) mengoptimalkan produktivitas setiap sentra produksi dan agro-ekosistem.

Penggunaan pupuk, terutama pupuk buatan, merupakan salah satu faktor kunci dalam peningkatan produksi pangan dan pencapaian swasembada beras di Indonesia. Kebutuhan pupuk akan terus meningkat seiring dengan upaya peningkatan produksi pertanian.

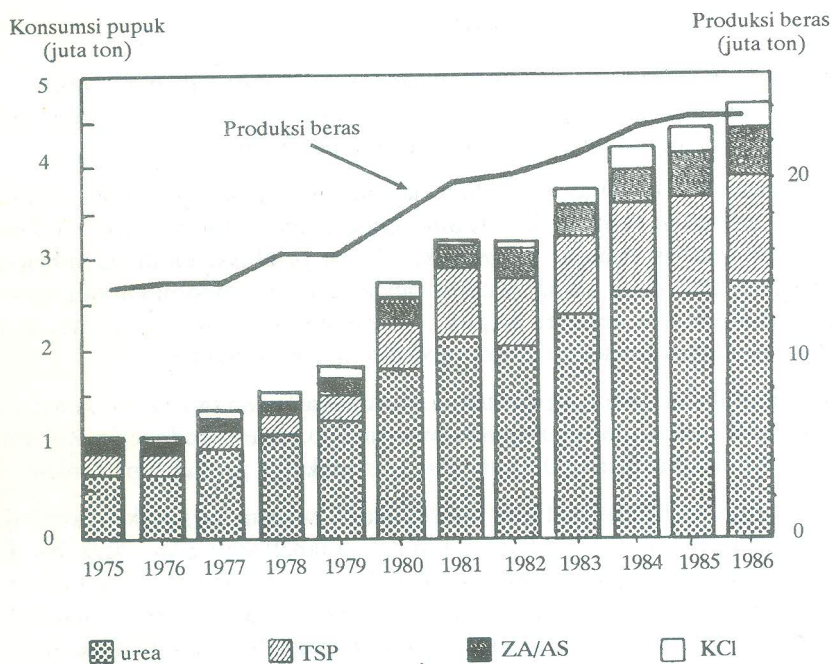
Nitrogen (N), kalium (K), dan fosfor (P) merupakan tiga unsur hara makro yang banyak diperlukan oleh tanaman dan ketersediaannya di dalam tanah sering kurang/kahat. Oleh karena itu ketiga unsur ini pada umumnya ditambahkan ke tanah dalam bentuk pupuk buatan, meskipun pasokan dari sumber lain mempunyai potensi untuk dikembangkan lebih lanjut. Beberapa daerah, di samping kahat N, P, dan K, juga diketahui mengalami kahat unsur hara mikro seperti S dan Zn.

Di Indonesia, konsumsi pupuk selama 15 tahun terakhir meningkat dengan kecepatan lebih dari 16%/tahun (7). Sebagian besar pupuk tersebut digunakan untuk sub-sektor tanaman pangan, terutama padi sawah sebesar 72% dan palawija 13% (6).

Data konsumsi pupuk untuk padi dan produksi beras dari tahun 1975 sampai 1986 (Gambar 1) menunjukkan semakin menurunnya keuntungan yang diperoleh dari setiap unit masukan pupuk. Oleh karena itu, peningkatan efisiensi perlu mendapatkan perhatian yang lebih besar, sejalan dengan upaya untuk mengurangi subsidi pupuk.

Dari sejumlah hara dalam pupuk yang diberikan ke tanah, hanya sebagian yang diserap tanaman. Bagi pupuk N, efisiensi penyerapannya sekitar 56-60% (8), sebagian besar hilang karena terlindi, terdenitrifikasi, dan menguap dalam bentuk NH_3 . Efisiensi penyerapan pupuk P sangat rendah, yaitu hanya sekitar 20% (3), dan sebagian besar P tetap tertinggal di dalam tanah dalam bentuk kurang/tidak tersedia. Efisiensi penyerapan pupuk K berkisar antara 50-75% (10), sisanya dapat hilang melalui pelindian dan aliran permukaan, serta tersemat pada kisi mineral lempung.

Sehubungan dengan hal tersebut, diperlukan adanya teknologi yang dapat menekan kehilangan hara pupuk dari tanah dan mengurangi bagian yang dialih-rupakan ke bentuk tidak/kurang tersedia serta memanfaatkan kembali bentuk ini.



Gambar 1. Perkembangan produksi beras dan konsumsi pupuk di Indonesia. 1975-86.
Sumber: Manwan and Fagi (7)

EFISIENSI PEMUPUKAN

Pengertian efisiensi pemupukan mencakup tiga hal yang saling terkait, yaitu (i) efisiensi penyerapan pupuk, (ii) efisiensi penggunaan pupuk, dan (iii) efisiensi ekonomi pemupukan.

Efisiensi penyerapan pupuk menggambarkan besarnya bagian hara pupuk yang dapat diserap dan masuk ke jaringan tanaman. Efisiensi penggunaan pupuk menyatakan tingginya peningkatan produksi untuk setiap satuan pupuk yang ditambahkan. Efisiensi ekonomi pemupukan menunjukkan tambahan nilai produksi karena korbanan biaya yang dikeluarkan dalam pemupukan.

Karena beragamnya bahan dan kandungan unsur hara dalam pupuk maka perhitungan tidak didasarkan atas bobot pupuknya, melainkan bobot unsur atau senyawa yang menyatakan kandungan unsur dalam pupuk. Sebagai contoh, sumber N dalam N, sumber P dalam P_2O_5 , sumber K dalam K_2O , dan sumber S dalam S.

Efisiensi ekonomi pemupukan sangat penting untuk dipertimbangkan karena menentukan keputusan tentang macam pupuk dan usaha pemupukan yang harus diambil oleh petani. Untuk menilai efisiensi ekonomi pemupukan, biaya yang diperhitungkan meliputi harga pupuk, biaya tenaga kerja untuk aplikasi pupuk, dan tambahan biaya panen karena pemupukan.

Uraian selanjutnya dibatasi pada efisiensi penyerapan pupuk dan efisiensi penggunaan pupuk. Gambar 2 menerangkan hubungan antara keduanya.

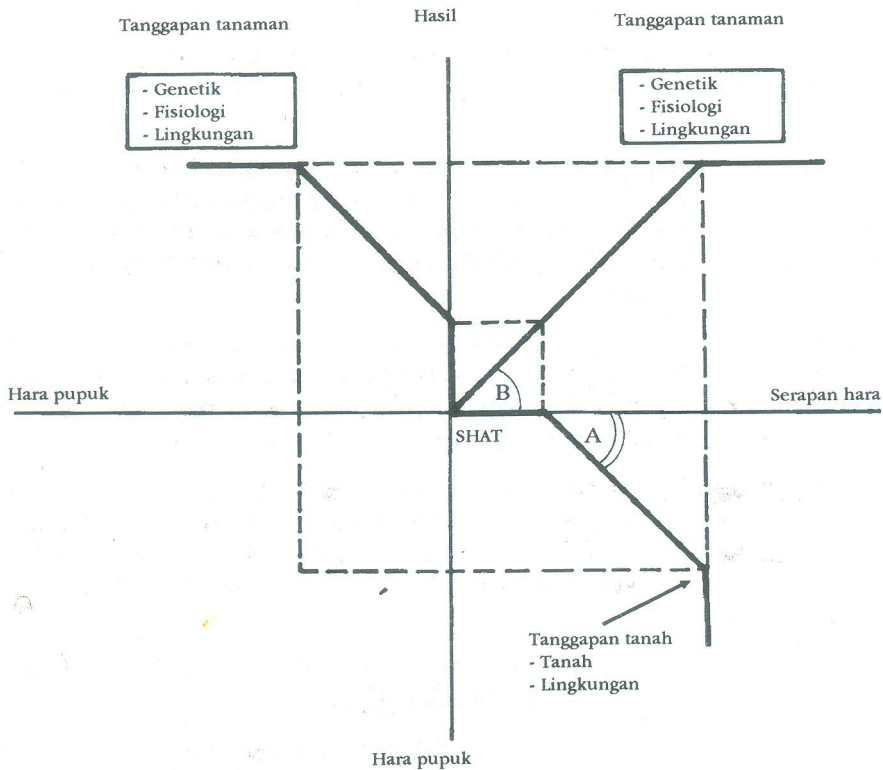
Unsur dalam pupuk yang diberikan ke tanah hanya dapat diserap tanaman jika berada dalam bentuk tersedia dan dapat mencapai permukaan akar. Dalam hal ini, yang berpengaruh adalah keadaan tanah itu sendiri, faktor lingkungan, dan tanaman. Kerja ketiganya menentukan efisiensi serapan hara pupuk oleh tanaman. Unsur hara yang sudah berada dalam tanaman menentukan kelancaran proses pembentukan bahan tanaman/produksi. Tanggapan tanaman atas adanya suatu perubahan ditentukan oleh faktor genetik, fisiologi, dan lingkungan. Gabungan antara tanggapan tanah atas pemberian pupuk dan tanggapan tanaman atas serapan hara pupuk menentukan efisiensi pemanfaatan pupuk oleh tanaman.

Padi Sawah

Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk

Nitrogen

Dosis, sumber, serta cara pemberian N berpengaruh terhadap hasil padi sawah (Tabel 1). Pemanfaatan N dari urea yang dimasukkan dalam bola tanah, *Urea Super Granule* (USG), dan *Sulphur Coated Urea* (SCU) berpengaruh lebih baik daripada urea yang dihamburkan dua kali atau urea yang dibenamkan ke dalam lumpur. Makin tinggi N yang diberikan, makin rendah tingkat efisiensi pemanfaatannya.



Gambar 2. Hubungan antara dosis pemberian pupuk, serapan hara, dan hasil tanaman.

SHAT: serapan unsur hara asli tanah; makin besar SHAT, makin subur tanah. Makin kecil A, makin efektif penyerapan hara asal pupuk. Makin besar B, makin efektif peran hara dalam pembentukan bahan tanaman.

Pada tiga metode pemupukan N yang pertama, peluang kehilangan N diperkecil, sebab pelepasan N dari butiran pupuk lebih lambat. Memasukkan pupuk ke lapisan reduksi berarti menekan pembentukan NO_3^- dari N pupuk yang ternyata mudah hilang karena terlindi dan/atau terdenitrifikasi. Hal yang demikian pada gilirannya meningkatkan efisiensi penyerapan dan pemanfaatan N pupuk oleh tanaman padi.

Pengaruh urea yang diberikan seluruhnya pada saat tanam dengan cara dihambur dan kemudian ditanam, tidak banyak berbeda dengan SCU atau USG yang ditanam, tetapi lebih baik daripada urea biasa yang dihambur $\frac{1}{3}$ bagian pada saat tanam dan $\frac{2}{3}$ bagian pada 5-7 hari sebelum primordia (Tabel 2).

Tabel 1. Hasil (t/ha) padi sawah galur B426C-Pn-1-3 menurut dosis, sumber, dan cara pemberian N. Lanrang dan Maros (Sulawesi Selatan), MH 1976/77.

Sumber dan cara pemberian pupuk N	Lanrang		Maros	
	28 kg N/ha	56 kg N/ha	28 kg N/ha	56 kg N/ha
Tanpa pupuk N	2,36		4,54	
Urea biasa, hambur, 50% saat tanam, 50% 5 hari sebelum primordia	3,31 (33,9)	4,04 (30,0)	5,04 (17,9)	5,59 (18,8)
Urea biasa, dibenamkan 5 cm di antara barisan 4-5 cm	3,39 (36,8)	3,82 (26,1)	4,83 (10,0)	5,26 (12,9)
Urea dalam bola tanah, dibenamkan 10-12 cm, 3-4 hari setelah tanam	3,57 (43,2)	4,30 (34,6)	6,63 (38,9)	6,79 (40,2)
USG, dibenamkan 10-12 cm, 3-4 hari setelah tanam	3,88 (54,3)	3,90 (35,4)	5,89 (30,4)	5,93 (24,8)
SCU, diaduk dengan lumpur sesaat sebelum tanam	3,90 (55,0)	4,51 (38,4)	5,75 (43,2)	5,82 (22,9)

Angka dalam tanda kurung menunjukkan efisiensi pupuk N (kg gabah/kg N).

Tabel 2. Hasil (t/ha) padi sawah varietas PB32 menurut dosis, sumber, dan cara pemberian N. Maros (Sulawesi Selatan), MK 1981.

Sumber dan cara pemberian pupuk N	28 kg N/ha	56 kg N/ha	108 kg N/ha
Tanpa pupuk	2,4		
Urea biasa, hambur, $\frac{1}{3}$ saat tanam, $\frac{2}{3}$ pada 5-7 hari sebelum primordia	3,4 (37,0)	3,6 (22,2)	4,4 (18,5)
Urea biasa, hambur dan dibenamkan saat tanam	- -	4,1 (31,5)	5,1 (25,0)
SCU, hambur dan dibenamkan saat tanam	3,9 (55,6)	4,4 (37,0)	5,3 (26,9)
USG, dibenamkan 10-12 cm, 3-4 hari setelah tanam	3,6 (44,4)	4,3 (35,2)	4,7 (21,3)

Angka dalam tanda kurung menunjukkan efisiensi pupuk N (kg gabah/kg N).

Informasi di atas diperoleh dari penelitian di Sulawesi Selatan pada tanah bertekstur lempung (*clay*) sampai geluh lempung berpasir (*sandy clay loam*). Efisiensi pemanfaatan pupuk USG, SCU, urea dalam bola tanah, dan urea biasa yang dihambur kemudian ditanamkan, berturut-turut 1,4, 1,6, 1,8, dan 1,4 kali urea biasa (urea pril) yang dihamburkan dua kali. Juga terlihat bahwa efisiensi pemanfaatan pupuk N lebih tinggi pada musim kemarau dibanding pada musim hujan.

Bagi padi sawah di Kuningan (Jawa Barat), pada MH 1982/83, efisiensi pemanfaatan N dari SCU mencapai 152% dibandingkan yang dari urea biasa, sedangkan USG hanya 107%. Angka itu merupakan rata-rata dosis 29, 58, 87, dan 116 kg N/ha. Penurunan efisiensi pemanfaatan N itu lebih tajam di tanah bertekstur pasir daripada lempung berdebu (Tabel 3). Sebaliknya di Bandar Buat dan Sungai Dareh (Sumatera Barat), dibanding urea biasa, efisiensi USG (150%) lebih tinggi daripada SCU (135%). Sedangkan efisiensi UG sama dengan urea biasa.

Di Singamerta (Jawa Barat), bila diberikan dengan cara dihambur, urea biasa sebaiknya diberikan 50% pada saat tanam dan 50% pada saat primordia (Tabel 4).

Tabel 3. Hasil padi sawah (t/ha) menurut jenis tanah dan dosis N pupuk SCU. Kuningan (Jawa Barat), MH 1982/83.

Dosis N (kg/ha)	Tanah tekstur pasir (Cipondoh)		Tanah tekstur lempung berdebu (Cilimus)	
0	3,0		2,2	
29	4,5	(51,7)	3,5	(44,8)
58	4,3	(22,4)	4,0	(31,0)
87	5,0	(23,0)	4,6	(27,6)
116	4,8	(15,5)	5,0	(24,1)

Angka dalam tanda kurung menunjukkan efisiensi N (kg gabah/kg N).

Tabel 4. Pengaruh waktu pemberian N - urea terhadap hasil padi sawah. Singamerta (Jawa Barat), MH 1984/85.

Pemberian N (kg/ha)				Hasil (t/ha)	
A	B	C	D	PB36	Cisadane
40	40	40	-	4,7 b	4,2 a
60	-	60	-	5,6 d	4,7 c
60	40	40	-	5,1 c	4,4 a
60	-	-	60	5,7 cd	4,5 ab
40	40	-	40	5,1 c	4,7 bc

A: Saat tanam

B: 21 hari setelah tanam

C: Primordia

D: Saat booting

: 7 hari setelah primordia

Di beberapa lokasi di Jawa Barat (Kaliasin, Karawang, Anjatan, Cikedung, Kampung Melayu), pemakaian urea briket lebih efisien daripada urea biasa. Kecuali di Karawang, efektivitas 75 kg N asal urea briket sama dengan 115 kg N asal urea biasa per hektar. Di Karawang, hasil padi yang dipupuk 75 kg N/ha asal urea briket, 18% lebih rendah daripada yang dipupuk 115 kg N/ha asal urea biasa.

Karena urea biasa lebih cepat larut daripada SCU, USG, dan UG, kadar N jaringan tanaman pada awal pertumbuhan lebih tinggi pada tanaman yang dipupuk urea biasa (Tabel 5). Tetapi pada pertumbuhan selanjutnya, kadar N jaringan tanaman yang dipupuk urea biasa lebih rendah daripada yang dipupuk SCU, USG, dan UG, karena N dari urea biasa lebih mudah hilang (Tabel 6).

Untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk N pada padi sawah, pengelolaan air dalam petakan mutlak diperlukan. Banyak N pupuk yang masuk ke fase cair setelah pupuk diberikan ke tanah. Bila tidak dicegah, bocoran/aliran air dapat menghanyutkan N dari petak pertanian (Tabel 7).

Fosfor

Hasil padi sawah varietas PB36 dan PB42 yang ditanam di Kakas (Sulawesi Utara) dapat ditingkatkan dengan pemberian pupuk P. Tetapi saat pemberian pupuk itu tidak berpengaruh (Tabel 8). Seperti N, efisiensi pemanfaatan P pupuk menurun dengan meningkatnya dosis.

Tabel 5. Pengaruh sumber N terhadap kadar N jaringan padi. Rata-rata tiga lokasi, Sumatera Barat.

Sumber N	Kadar N jaringan (%)			
	15 hst	40 hst	Primordia	Panen
Urea	3,14	1,50	1,42	1,19
SCU	3,07	1,69	1,56	1,27
USG	3,02	1,77	1,63	1,24
UG	3,06	1,58	1,44	1,24

Tabel 6. Persentase kehilangan N dari empat macam pupuk pada berbagai takaran N. Rata-rata tiga lokasi, Sumatera Barat.

Sumber N	Takaran N (kg/ha)			
	29	58	87	116
Urea	77,2	65,1	62,8	59,1
SCU	68,8	67,1	50,5	49,1
USG	50,6	46,2	38,7	40,6
UG	65,6	64,6	57,8	59,6

Tabel 7. Kadar N air yang masuk ke dan yang keluar dari petak percobaan pemupukan di Sumatera Barat.

Hari setelah tanam	N-Amonium (ppm)			N-Nitrat (ppm)			Jumlah
	Masuk	Keluar	Selisih	Masuk	Keluar	Selisih	
Bandar Buat							
4	47,9	331,7	283,8	0,8	2,8	2,0	285,8
5	19,1	229,7	210,6	0,5	6,0	5,5	216,1
6	63,9	116,0	102,1	1,0	2,5	1,5	103,6
7	96,0	255,2	159,2	0,8	4,2	3,4	162,6
8	96,0	249,0	153,0	1,3	1,9	0,6	153,6
9	trace	185,3	185,3	trace	1,7	1,7	187,0
10	28,8	272,0	243,2	1,1	1,6	0,5	243,7
11	57,0	196,5	139,5	1,2	3,8	2,6	142,1
12	19,0	303,0	284,0	0,9	2,0	1,1	285,1
13	48,0	244,0	196,0	1,6	5,1	3,5	199,5
Sungai Dareh							
4	28,7	160,2	131,5	0,5	1,1	0,6	132,1
5	28,7	146,7	118,0	trace	0,7	0,7	118,7
6	95,7	15,6	60,7	trace	1,1	1,1	61,8
7	47,9	139,3	91,4	0,8	1,7	0,9	92,3
8	28,7	185,1	156,4	trace	1,3	1,3	157,7
9	47,8	255,2	207,4	1,6	4,8	3,2	149,9
10	95,7	242,4	146,7	1,6	4,8	3,2	149,9
11	95,7	263,2	167,5	0,8	11,1	10,3	177,8
12	trace	215,3	215,3	0,5	3,9	3,4	218,7
13	95,7	303,1	207,4	0,8	2,8	2,0	209,4

Tabel 8. Tanggapan padi sawah terhadap takaran dan waktu pemberian P. Kakas (Sulawesi Utara), MK 1982.

Takaran (kg P ₂ O ₅ /ha)	Waktu pem berian (hst)	Hasil (t/ha)	
		PB36	PB42
0	-	3,52 a	4,38 a
45	0	4,74 b	5,77 b
45	15	4,76 b	5,78 b
45	30	4,43 b	5,73 b
90	0	5,35 c	6,78 c
90	15	5,57 c	6,85 c
90	30	5,48 c	6,84 c

Pupuk dasar: 90 kg N dan 30 kg K₂O/ha.

Pemberian P tidak meningkatkan hasil padi varietas PB32 di Bone dan Bulukumba (Sulawesi Selatan) pada MK 1981. Hal ini mungkin disebabkan oleh cukup tersedianya P di dalam tanah, terutama P dari pelonggokan sisa pemupukan sebelumnya.

Di Singamerta (Jawa Barat), efisiensi pemanfaatan P juga menurun dengan semakin meningkatnya dosis yang diberikan (Tabel 9). Efisiensi pemanfaatan P asal fosfat alam lebih tinggi daripada P asal TSP atau Phospal, tetapi hampir tidak ada perbedaan antara TSP dan Phospal.

Di lahan sawah intensif Sidrap, Pangkep, dan Bulukumba (Sulawesi Selatan), penghapusan pupuk P dari paket anjuran tidak menurunkan hasil (MH 1988/89). Demikian pula di Kaliasin, Anjatan, Cikedung, dan Kampung Melayu (empat areal SUPRA INSUS di Jawa Barat), peniadaan pupuk P tidak mempengaruhi hasil padi sawah MH 1987/88. Di Karawang, hasil dengan pemberian pupuk P hanya lebih tinggi 3,6% daripada yang tidak dipupuk P. Ini menunjukkan bahwa tambahan pupuk P terus-menerus selama kurun waktu tertentu, menyediakan sisa akumulatif pupuk P yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Kalium

Pada tanah Aluvial di Bone-bone (Luwu, Sulawesi Selatan), dosis dan waktu pemberian K tidak mempengaruhi hasil padi sawah. Dalam hal itu, 0-150 kg K_2O /ha dihambur pada saat tanam, 35 hst, atau 50% saat tanam dan 50% pada 35 hst. Pupuk dasar yang diberikan adalah 120 kg N dan 60 kg P_2O_5 /ha. Diduga tanah di lokasi ini sudah cukup mengandung K.

Tanggapan yang nyata atas pemupukan K diperlihatkan oleh padi sawah yang ditanam pada tanah Aluvial berkapur di Wollangi (Bone, Sulawesi Selatan). Apabila tidak dipupuk K, padi varietas Cikapundung hanya menghasilkan 1,3 t/ha. Pupuk dasar yang diberikan adalah 90 kg N, 60 kg P_2O_5 , dan 24 kg S/ha. Dengan pemberian 45, 90, 135, dan 180 kg K_2O /ha, hasil dapat ditingkatkan berturut-turut menjadi 2,4, 3,2, 3,8, dan 3,9 t/ha. Pada tanah berkapur, ketersediaan Ca dan Mg jauh lebih tinggi daripada K, sehingga mengganggu penyerapan K oleh tanaman. Pada tanah semacam ini, pemberian K setara 90 kg K_2O sudah memadai untuk pertanian padi. Efisiensi pemanfaatan K oleh padi sawah menurun dengan semakin banyaknya pupuk yang diberikan.

Tabel 9. Hasil padi sawah menurut dosis dan sumber P. Singamerta (Jawa Barat), 1981-84.

Pupuk P	Hasil (t/ha)		Efisiensi P (kg gabah/kg P_2O_5)	
	30 kg P_2O_5 /ha	60 kg P_2O_5 /ha	30 kg P_2O_5 /ha	60 kg P_2O_5 /ha
Tanpa pupuk P	3,98			
TSP	4,75	5,14	25,7	19,3
Phospal	4,72	4,99	24,7	16,8
Fosfat Alam	4,69	5,25	30,3	21,2

Belerang

Banyak tanah sawah di Sulawesi Selatan kahat S, terutama tanah yang berkembang dari batuan kapur atau mendapat air pengairan dari kawasan formasi kapur.

Pupuk ZA, gips (gypsum), tepung belerang, dan urea sulfur dapat digunakan sebagai sumber S bagi padi sawah. Efektivitas keempat sumber tersebut praktis sama. Di Maros (Sulawesi Selatan) pada MH 1985/86, sulfur bentonit tidak berpengaruh terhadap hasil gabah varietas PB36; sedangkan urea sulfur, tepung belerang, dan gips, 20 atau 40 kg/ha, memberikan hasil sama (5,1-5,5 t/ha), lebih tinggi daripada tanpa S (2,6-3,0 t/ha). Pada percobaan MH 1977/78 di Maros, ZA, gips, dan tepung belerang sama efektif, dan dosis 10 kg S/ha sama baiknya dengan dosis yang lebih tinggi.

Pupuk S tidak perlu diberikan pada setiap musim. Menurut hasil percobaan di Maros, pada MH 1977/78, tanpa pupuk S, hasil padi sawah di suatu petakan sama tinggi dengan hasil musim sebelumnya pada petakan yang sama tetapi dipupuk S.

Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara

Pengaruh atau manfaat pupuk sebagai pemasok unsur hara ditentukan pula oleh ketersediaan unsur hara yang lain. Di tanah Aluvial di Wollangi (Bone, Sulawesi Selatan), tanpa pemberian K, hasil padi yang dipupuk 90 kg N dan 90 kg P_2O_5 /ha sama dengan pertanaman yang tidak dipupuk, yaitu 0,5-0,8 t/ha. Dengan penambahan 90 kg K_2O /ha, hasil meningkat tajam, mencapai sekitar 3 t/ha. Meskipun kandungan K_{dd} di lokasi ini tergolong sedang (0,37 me/100 g tanah), ketersediaan K ternyata rendah karena penyerapan K terganggu oleh Ca dan Mg yang ketersediaannya lebih tinggi.

Di Bantaeng (Sulawesi Selatan), pemupukan hingga 150 kg N/ha yang disertai dengan pemberian 40 kg P_2O_5 dan 40 kg K_2O /ha, tidak membawa perbaikan tanpa pemberian S (Tabel 10). Ini berarti bahwa efisiensi pemupukan N, P, dan K sangat rendah bila tidak disertai oleh pemberian S.

Varietas dan Budidaya

Efisiensi pemupukan juga ditentukan oleh varietas tanaman yang digunakan. Suatu percobaan di Maros (Sulawesi Selatan) menunjukkan hal itu. Dengan pupuk dasar 60 kg P_2O_5 dan 60 kg K_2O /ha, pemberian 90 kg N/ha meningkatkan hasil varietas PB26 sebesar 59% dibanding tanpa pupuk N, sedangkan hasil PB34 meningkat 47%, tetapi hasil galur B4526-104-2-2-1 hanya meningkat sebesar 24%.

Penyiangan berpengaruh besar terhadap pemanfaatan atau efisiensi penggunaan pupuk N oleh tanaman. Di Lanrang (Sulawesi Selatan), padi PB50 yang dipupuk 120 kg N, 60 kg P_2O_5 , dan 30 kg K_2O /ha, tetapi tidak disiang memberikan hasil hanya 2,6 t/ha. Dengan pemupukan yang sama, penyiangan dengan herbisida 2,4-D meningkatkan hasil menjadi 3,6 t/ha, sementara dengan oxadiazon menjadi 4,6 t/ha, dan penyiangan dengan tangan menjadi 4,8 t/ha.

Jerami dapat menghemat pemakaian pupuk. Di Singamerta (Jawa Barat), pemberian jerami 5 t/ha dan daun turi 10 t/ha dapat meningkatkan hasil padi sawah, dengan atau tanpa pupuk buatan (Tabel 11). Petak yang menerima jerami 5 t/ha dan pupuk buatan hanya 60 kg N + 45 kg P₂O₅ + 45 kg K₂O/ha memberikan hasil lebih tinggi daripada yang diberi pupuk buatan 120 kg N + 45 kg P₂O₅ + 45 kg K₂O/ha tetapi tanpa jerami.

Tabel 10. Tanggapan padi sawah varietas PB30 terhadap pemberian N dan S. Bantaeng (Sulawesi Selatan), MH 1977.

Pupuk (kg/ha)		Hasil gabah (t/ha)
N	S	
0	0	2,11 a
50	0	2,50 ab
100	0	2,61 ab
150	0	2,63 abcd
50	90	2,76 cde
100	90	3,10 cdef
50	30	3,20 def
100	30	3,29 ef
100	60	3,51 f
150	30	3,51 f
50	60	3,63 fg
150	60	4,10 gh
150	90	4,20 h

Pupuk dasar: 40 kg P₂O₅; 40 kg K₂O/ha.

Jarak tanam: 20 cm x 20 cm.

Tabel 11. Pengaruh jerami dan daun turi terhadap hasil padi sawah varietas PB36. Singamerta (Jawa Barat), MK 1978.

Pupuk (kg/ha)			Hasil (t/ha)		
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Tanpa B. organik	Jerami (5 t/ha)	Daun turi (10 t/ha)
0	0	0	3,31	3,72	4,55
0	45	45	2,23	3,49	3,49
60	45	45	4,32	4,98	5,16
120	45	45	4,64	5,19	5,80
180	45	45	5,61	5,18	5,93

Padi Gogo

Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk

Pada tanah Aluvial di Bone-bone (Luwu, Sulawesi Selatan), pemupukan dengan 60 kg N/ha dari urea atau ZA serta 100 kg P_2O_5 dari TSP tidak mempengaruhi hasil padi gogo. Hal ini mungkin disebabkan oleh tanahnya yang sudah subur.

Di Citayam dan Garut (Jawa Barat), sumber N dengan efisiensi pemanfaatan yang paling tinggi adalah amonium nitrat, diikuti oleh urea, kalsium amonium nitrat, dan ZA (Tabel 12).

Untuk tanah berdaya-tambat P tinggi di Baturaja (Sumatera Selatan), pada MH 1986/87, hasil padi gogo dengan pemberian pupuk secara dilarik (1,82 t/ha) lebih baik daripada disebar (1,68 t/ha). Hasil tersebut merupakan rata-rata dari empat waktu pemberian dan dua varietas. Dengan dilarik, kontak antara partikel pupuk dengan tanah lebih kecil daripada dengan disebar, sehingga memperkecil peluang penambatan P. Dalam hal itu, pemberian P pada saat tanam lebih baik (2,0 t/ha) dibanding pada 1, 2, 3, dan 4 minggu setelah tanam (berturut-turut 1,9, 1,7, 1,7, dan 1,5 t/ha).

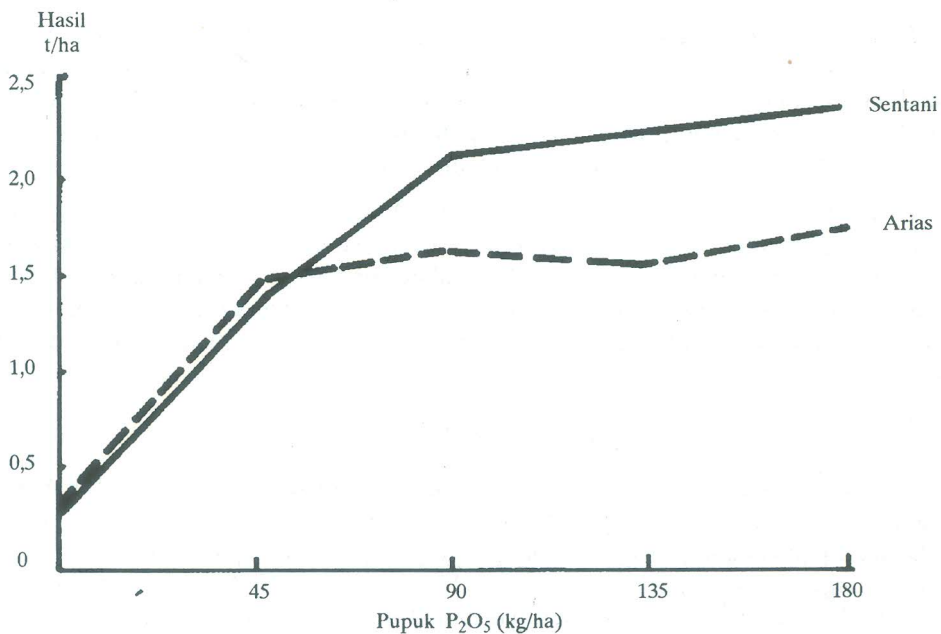
Varietas

Tanggapan atas pemupukan P pada padi gogo mungkin juga ditentukan oleh varietas tanamannya. Di Baturaja (Sumatera Selatan), tanggapan varietas Sentani lebih baik daripada varietas Arias (Gambar 3). Tanggapan varietas Singkarak dan Sirendah serupa dengan varietas Arias.

Tabel 12. Efisiensi pupuk pada tanaman padi gogo pada berbagai takaran N (rata-rata dari tiga lokasi di Jawa Barat).

Takaran N (kg/ha)	Efisiensi (kg gabah/kg N)			
	Urea	ZA	AN	KAN
30	34	24	41	31
60	21	18	23	20
120	12	12	11	17

AN = amonium nitrat, KAN = kalsium amonium nitrat.



Gambar 3. Tanggapan padi gogo varietas Sentani dan Arias terhadap pemupukan beberapa tingkat dosis pupuk P. Baturaja (Lampung), MH 1984/85.

Jagung

Sumber, Waktu, dan Cara Pemberian Pupuk

Pada tanah Inceptisol di Bone-Bone (Sulawesi Selatan), ZA dan urea sebagai sumber N tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil jagung TC₁. Pemberian N sebanyak 60 kg/ha sudah optimal. Sementara itu, kombinasi dengan 0-90 kg P_2O_5 /ha juga tidak mempengaruhi hasil; diduga tanah tersebut telah mengandung cukup P. Dalam hal ini, pupuk dasar yang diberikan adalah 40 kg K_2O /ha. Tanahnya mempunyai pH 5,4 dengan kandungan bahan organik 1,68% dan tekstur pasir bergeluh.

Tetapi di Desa Katulungan (Bone-Bone, Sulawesi Selatan), pada MK 1980, hasil jagung dipengaruhi oleh dosis dan cara pemberian pupuk P. Dengan 60 kg P_2O_5 /ha, cara tugal meningkatkan hasil dari 0,8 menjadi 3,3 t/ha, sementara cara larik menjadi 4,3 t/ha. Dengan 120 P_2O_5 /ha, hasil cara tugal lebih tinggi lagi (4,3 t/ha), tetapi hasil cara larik tidak mengalami peningkatan. Manfaat 60 kg P_2O_5 yang diberikan secara dilarik sama dengan 120 kg P_2O_5 yang diberikan dengan tugal. Dengan dilarik, daerah perakaran yang banyak mengandung P lebih luas, sehingga pelantaran P tersedia ke permukaan akar lebih terjamin.

Di Desa Pakisjajar dan Dengkol di Malang (Jawa Timur) yang bertanah Vulkanik Muda, pemberian P sebanyak 45 kg P_2O_5 /ha sudah cukup bagi jagung varietas Arjuna. Di dua desa tersebut, peningkatan P_2O_5 sampai 90 kg tidak menaikkan hasil. Bahkan di dua desa lainnya, Randuagung dan Sukoanyar, peningkatan hasil dengan 45 kg P_2O_5 itu tidak cukup berarti bila dibanding dengan hasil tanpa pupuk P.

Di Kalasey (Sulawesi Utara) yang bertanah Vulkanik, dosis pupuk N yang optimal untuk jagung varietas Arjuna adalah 100 kg N/ha. Penambahan dosis sampai 300 kg tidak meningkatkan hasil. Pemberian pupuk N sekaligus pada 0 hst, dibagi 0 dan 30 hst, serta dibagi 0, 30, dan 50 hst memberikan tingkat hasil yang sama. Dosis P_2O_5 dari 0 hingga 75 kg/ha juga tidak memberikan perbedaan hasil yang berarti. Pupuk dasar yang diberikan adalah 40 kg K_2O /ha.

Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara

Jagung yang ditanam pada tanah Aluvial berkapur di Wollangi (Bone-bone, Sulawesi Selatan) tidak tanggap terhadap 90 kg N dan 90 kg P_2O_5 /ha apabila tidak disertai pupuk K. Dengan penambahan 90 kg K_2O /ha, panjang tongkol meningkat dari 9,5 cm menjadi 16,1 cm, lingkaran tongkol dari 9,5 cm menjadi 13,2 cm, serta hasil dari 1,5 t menjadi 7,6 t/ha. Di tanah Aluvial berkapur ini, K merupakan faktor pembatas hasil karena penyerapan K terganggu oleh Ca dan Mg. Tanah mempunyai Ca_{dd} 21,57 me/100 g, Mg_{dd} 0,56 me/100 g, dan tekstur lempung berdebu.

Kalium sebagai faktor pembatas hasil jagung juga telah diamati pada tanah Latosol di Sinjai (Sulawesi Selatan). Tanpa pemberian K, hasil jagung tidak beranjak naik walaupun dipupuk dengan 90 kg N dan 80 kg P_2O_5 /ha. Tanah Latosol adalah tanah tua dan pada umumnya miskin K. Kandungan K_{dd} tanah ini tergolong rendah, hanya 0,13 me/100 g tanah. Tetapi bila dosis pupuk tersebut ditambah 30 kg K_2O /ha saja, hasil melonjak dari 0,5 t/ha menjadi sekitar 2,5 t/ha. Dengan meningkatkan dosis K_2O menjadi 60 kg/ha, hasil itu bertambah lagi menjadi 3,5 t/ha; tetapi dosis lebih tinggi sampai 90 kg/ha tidak memberikan manfaat tambahan.

Varietas dan Budidaya

Varietas tanaman juga berpengaruh terhadap efektivitas pemupukan N dan P di Gowa (Sulawesi Selatan), MH 1976/77. Dengan pemupukan 120 kg N/ha dan 120 kg N + 60 kg P_2O_5 /ha, hasil jagung varietas TC1 berturut-turut meningkat 86% dan 158% dibanding tanpa pupuk (0,93 t/ha). Tetapi bagi varietas Pakelo, 120 kg N/ha tidak meningkatkan hasil, sedangkan 120 kg N + 60 kg P_2O_5 /ha meningkatkan hasil dari 0,23 t/ha (tanpa pupuk) menjadi 0,48 t/ha.

Populasi tanaman turut mempengaruhi efisiensi pemanfaatan pupuk oleh tanaman jagung varietas HC9 di Punggaluku (Kendari, Sulawesi Tenggara) pada MK 1987. Pemupukan dengan 90 kg N + 45 kg P_2O_5 /ha memberikan hasil 48% lebih tinggi daripada tanpa pemupukan bila populasi tanaman 40.000/ha. Bila populasi tanaman dinaikkan menjadi 50.000/ha, peningkatan hasil yang diperoleh hanya 22%. Namun hasil mutlakunya

tetap lebih tinggi bila populasi 50.000 (4,9 t/ha, tanpa pupuk) daripada 40.000 (2,9 t/ha, tanpa pupuk).

Kedelai

Dosis, Cara, dan Sumber Pupuk

Di lahan sawah di Pasuruan (Jawa Timur) pada akhir musim kemarau, 23 kg N/ha yang diberikan pada saat tanam, memberikan hasil kedelai varietas Wilis sekitar 1,7 t/ha. Penambahan 23 kg N pada stadia pembungaan (total 46 kg/ha), atau penambahan 23 kg N lagi pada awal stadia pengisian polong (total 69 kg N/ha) tidak meningkatkan hasil. Pupuk dasar yang diberikan adalah 38 kg P_2O_5 dan 50 kg K_2O /ha.

Di lahan sawah Desa Purwodadi, Martopuro, dan Sambisirah (Pasuruan, Jawa Timur), setelah panen padi, pemberian TSP sampai dosis 180 kg P_2O_5 /ha tidak memperbaiki tingkat hasil varietas Wilis. Sisa P yang diberikan pada pertanaman padi sebelumnya diduga telah cukup.

Pada tanah Podsolik Wawotobi (Sulawesi Tenggara) yang kahat P, efektivitas pupuk TSP, super fosfat, dan batuan fosfat sebagai sumber P untuk tanaman kedelai tidak berbeda. Dengan 20 kg P_2O_5 /ha dari ketiga sumber itu, hasil kedelai pada MK 1987 rata-rata 1,23 t/ha.

Pengaruh Ketersediaan Unsur Hara

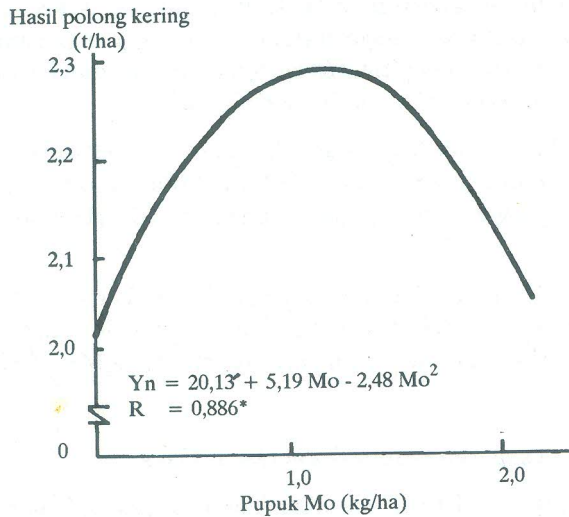
Pada tanah Aluvial Coklat Kelabu di Babadan (Ponorogo, Jawa Timur), ketersediaan K yang rendah (0,1 me/100 g) merupakan faktor pembatas pertumbuhan kedelai. Tanpa pupuk K, pemberian campuran pupuk lain (N, P, Mg, Cu, Zn, B, Mn, Fe) tidak meningkatkan hasil yang kurang dari 0,5 t/ha. Tetapi bila K ditambahkan, hasil melonjak menjadi sekitar 1,2 t/ha.

Kacang Tanah

Di Bontoa (Sulawesi Selatan), pada MK 1983, dosis pupuk N 15 kg/ha hanya memberikan hasil kacang tanah varietas Gajah 0,9 t/ha, tidak berbeda nyata dengan tanpa pupuk N. Tetapi bila dosis N itu dinaikkan menjadi 30 kg/ha, hasil meningkat secara nyata menjadi 1,1 t/ha. Tidak ada peningkatan hasil lebih lanjut bila dosis N dinaikkan menjadi 45 kg N/ha. Tetapi di Masago (Sulawesi Selatan), MH 1983/84, varietas yang sama memberikan tanggapan pada pemupukan N yang semakin meningkat. Dosis 0, 15, 30, dan 45 kg N/ha memberikan hasil berturut-turut 0,46, 0,56, 0,68, dan 0,80 t/ha.

Kacang tanah yang ditanam di tanah Latosol Coklat di Cikeumeuh (Bogor) tanggap terhadap pemupukan Mo (Gambar 4). Tanpa pemberian Mo, pemupukan 45 kg N + 90 kg P_2O_5 + 50 kg K_2O menghasilkan polong kering sekitar 2,0 t/ha. Penambahan sekitar 1,5 kg Mo/ha, hasil itu menjadi 2,3 t/ha. Pada tanah-tanah tua (Latosol, Podsolik) ketersediaan Mo biasanya rendah, sebab jumlahnya sedikit dan kelarutannya rendah karena tertambat (terfiksasi) oksida/hidroksida Fe dan Al.

Di tanah Podsolik Merah Kuning, kadar P total rendah sedangkan kemampuannya menambat P tinggi, sehingga P yang tersedia rendah. Di tanah Podsolik Merah Kuning Cigudeg (Bogor), tanaman kacang tanah sangat tanggap terhadap pemupukan P. Tanpa P, hasil yang diberikan hanya sekitar 1,0 t/ha. Pemupukan dengan 60 dan 120 kg P_2O_5 /ha menaikkan hasil masing-masing menjadi sekitar 1,3 dan 1,6 t/ha.



Gambar 4. Pengaruh pemberian Mo terhadap hasil kacang tanah di tanah Latosol Coklat. Cikeumeuh (Bogor, Jawa Barat), MH 1985/86.

APLIKASI HASIL PENELITIAN

Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk nitrogen (urea) bagi padi sawah, pupuk seyogyanya ditempatkan pada lapisan reduksi. Hal ini dapat dikerjakan dengan membenamkan pupuk ke dalam lumpur pada kedalaman sekitar 10 cm. Pada lapisan reduksi, NH_4^+ hasil ubahan pupuk N lebih mantap, tidak cepat berubah menjadi NO_3^- , dan ke bentuk lain, sehingga N sulit hilang melalui aliran air (pelindian dan aliran permukaan) maupun denitrifikasi.

Cara-cara yang dapat dilakukan untuk membenamkan pupuk urea biasa ke dalam lumpur adalah:

- 1) dihambur di permukaan tanah, kemudian diinjak-injak atau dilandak,
- 2) dimasukkan ke dalam bola tanah yang kemudian dibenamkan ke lumpur,
- 3) dibentuk menjadi butiran-butiran bermassa berat, USG, UG, dan urea briket, kemudian dibenamkan ke dalam lumpur.

Pembentukan urea dalam bola tanah, USG, UG, dan urea briket, pada dasarnya ditujukan untuk memudahkan pembenaman pupuk itu ke dalam lumpur. Selain itu, dengan memasukkan urea langsung ke lapisan reduksi, pupuk N lambat larut, dan akan mengefisienkan penggunaannya. Urea berselimut belerang (SCU, *sulphur coated urea*) dan pupuk urea dengan massa butiran tunggal berat (USG, urea briket, dan UG) merupakan bahan pupuk urea yang kurang mudah larut sehingga pemakaiannya lebih efisien (Tabel 13).

Pembenaman sangat penting untuk meningkatkan efisiensi penggunaan N urea, dihubungkan dengan jenis pupuk N yang ada dan banyaknya yang beredar di pasaran. Dalam usaha meningkatkan efisiensi penggunaan N untuk padi sawah, perlu diadakan alat yang dapat memasukkan urea pril ke lumpur/lapisan reduksi secara lebih efisien. Demikian pula, pembenaman urea dalam bentuk cairan dengan cara disuntikkan ke dalam tanah, perlu dicoba.

Apabila pilihannya hanya penghamburan urea pril tanpa pembenaman ke lumpur, maka dianjurkan 50% dosis diberikan pada saat tanam dan 50% sisanya pada saat mulai primordia.

Tabel 13. Perbandingan tingkat efisiensi berbagai sumber nitrogen dari berbagai cara pemberian.

Sumber N	Cara pemberian	Efisiensi relatif (%)
Urea pril	Dihambur	100
Urea pril	Dihambur dan dibenamkan dengan diinjak-injak	140
Urea pril	Dalam bola tanah dibenamkan	180
SCU	Dihambur	150
USG	Dibenamkan	140
Urea briket	Dibenamkan	150

Efisiensi pemanfaatan N oleh padi sawah lebih tinggi pada tanah bertekstur halus (lempungan) daripada yang bertekstur lebih kasar (pasiran). Hal ini disebabkan antara lain karena tanah yang bertekstur lebih kasar lebih mudah meluluskan air dan kurang kuat memegang unsur N. Sehubungan dengan hal tersebut, untuk tanah yang bertekstur kasar, pupuk N hendaknya diberikan pada saat padi mulai memerlukan banyak N, yaitu pada umur sekitar 15 hari setelah tanam (5).

Efisiensi penggunaan N oleh padi sawah lebih tinggi di musim kemarau daripada di musim hujan. Peluang kehilangan N melalui aliran air dan hambatan laju fotosintesis yang lebih besar pada musim hujan (gangguan awan), bertanggung jawab atas kurang efisiennya penggunaan N. Mempertimbangkan fenomena ini, jumlah N yang diberikan di musim hujan sebaiknya lebih rendah daripada di musim kemarau.

Pemakaian pupuk organik seperti jerami dan pupuk hijau mengurangi kebutuhan akan pupuk N anorganik. Karena itu, pengembalian dan pembenaman jerami padi sehabis dipanen perlu dilakukan. Selain itu, antara panen dengan penanaman padi berikutnya, biasanya ada selang waktu yang dapat digunakan untuk menanam tanaman sumber pupuk hijau seperti *Sesbania rostrata*.

Pupuk N buatan pabrik yang banyak tersedia di Indonesia adalah urea dan ZA. Untuk padi gogo yang ditanam di tanah yang relatif subur (seperti di Citayam dan Garut, Jawa Barat), urea lebih baik daripada ZA.

Lahan sawah yang selama kurun waktu tertentu selalu mendapat P, pada suatu saat tidak perlu dipupuk P lagi, sebab sisa akumulasi pupuk sebelumnya cukup mampu memenuhi kebutuhan tanaman. Efisiensi penyerapan pupuk P sangat rendah yaitu hanya sekitar 20%. Ini berarti bahwa 80% sisanya tertinggal dalam tanah, sebab P tidak mudah terlindi maupun terangkut aliran air permukaan. Sebagian besar fosfat yang tertinggal itu dalam tanah akan dialih-rupakan ke bentuk yang tidak atau kurang tersedia, seperti Fe-P dan Al-P.

Makin sering tanah dipupuk P, makin banyak residu P yang terlonggok dalam tanah. Pada lahan sawah, penggenangan air menciptakan suasana reduksi pada sebagian besar daerah perakaran. Suasana reduksi tersebut meningkatkan kelarutan Fe-P dan Al-P (4). Pada suatu saat, residu pupuk P yang terlonggok cukup banyak, untuk memenuhi kebutuhan tanaman padi. Di tanah Hidromorf Kelabu di Sukamandi (Jawa Barat), setelah diberikan selama 4 musim terus-menerus, pupuk P tidak diperlukan selama dua musim berikutnya (9).

Pada padi sawah, waktu pemberian TSP agak longgar. Pupuk itu dapat diberikan segera sebelum tanam atau pada saat lain sebelum tanaman berumur 30 hari. Fosfat alam, dengan efisiensi pemanfaatan 1,15 kali TSP, dapat menggantikan TSP. Kelimpahan air pada sistem sawah mempercepat pelarutan, dan penyediaan P fosfat alam.

Tanah Vulkanik tergolong subur, kaya hara kecuali N dan kadang-kadang P. Pada tanah ini, untuk menghasilkan jagung 3-5 t/ha, pupuk N dan P yang diperlukan setara dengan 100 kg N dan 45 kg P_2O_5 /ha. Keduanya dapat diberikan sekaligus pada saat tanam.

Sisa P yang diberikan pada padi sawah mampu mencukupi kebutuhan P tanaman kedelai yang mengikutinya. Bagi pertanaman kedelai itu pupuk nitrogen sebanyak 23 kg N/ha, tanpa pupuk P, sudah cukup.

Pada tanah-tanah yang berkemampuan tinggi untuk menambat P, seperti Podsolik dan Latosol, pemberian TSP untuk padi gogo lebih baik dilarik daripada disebar. Dengan dilarik, kontak antara butiran pupuk dengan tanah lebih kecil (dibandingkan dengan yang disebar), sehingga penambatan P lebih sedikit dan P yang tersedia lebih banyak.

Pada pertanaman lahan kering, seperti padi gogo, P sebaiknya diberikan seawal mungkin, yaitu pada waktu tanam atau sebelum tanaman berumur satu minggu. TSP yang lambat larut di lahan kering membutuhkan waktu lebih lama untuk menyediakan P dalam jumlah cukup bagi tanaman. Karena reaksi tanah Podsolik yang masam, batuan fosfat mempunyai efektivitas yang sama dengan TSP maupun super fosfat.

Di tanah-tanah tua, selain memerlukan P dalam jumlah banyak, tanaman kacang-kacangan juga memerlukan Mo sekitar 1,5 kg/ha.

Bagi pertanaman jagung di tanah Aluvial, pemberian P secara dilarik lebih baik daripada ditugal. Dengan dilarik, pelantaran P ke permukaan akar lebih terjamin sebab daerah perakaran yang banyak mengandung P menjadi lebih luas, sehingga difusi P ke permukaan akar lebih lancar.

Pada tanah yang berkapur atau tanah yang bereaksi basis (pH 7,5), ketersediaan Ca dan Mg pada umumnya jauh lebih banyak daripada K. Dalam penyerapan hara oleh tanaman, Ca dan Mg merupakan antagonik K, sehingga pada tanah demikian tanaman sering kahat K.

Tanah yang bereaksi basis pada umumnya berkembang dari bahan kapuran, baik berupa batu gamping dan dolomit, maupun endapan yang kaya cangkang kerang atau sebangsanya. Tanah bereaksi basis ini banyak ditemui di Indonesia bagian timur yang beriklim kering.

Batu kapur merupakan batuan yang secara fisik maupun kimia lebih homogen. Secara kimia, batuan ini sebagian besar terdiri atas Ca, Mg, C, dan O. Sedangkan jumlah unsur yang lain bervariasi menurut tingkat kemurniannya. Lahan yang tanahnya berasal dari batuan kapur atau lahan persawahan intensif yang mendapat pengairan dengan sumber air berasal dari kawasan formasi kapur, sering kahat S (belerang). Air pengairan yang berkadar S kurang dari 3 ppm dinilai tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Ismunadji, komunikasi pribadi).

Bagi tanah lahan sawah yang kahat S, satu kali pemberian 20 kg S/ha sudah cukup untuk dua pertanaman. Tepung belerang ZA, gips, dan urea sulfur dapat digunakan sebagai pupuk belerang. ZA lebih mudah didapat dan diaplikasikan, dan S yang dikandungnya cepat tersedia bagi tanaman.

Apabila diberikan ke tanah, pupuk akan larut, sebagian terikat oleh partikel tanah dan sebagian lainnya tetap berada pada larutan tanah. Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, terutama N untuk padi sawah, bocoran/aliran air ke luar petakan perlu ditekan sesedikit mungkin, dan N sebaiknya tidak diberikan pada hari-hari banyak hujan.

Efisiensi pemanfaatan pupuk dapat ditingkatkan dengan meniadakan/memperkecil faktor pembatas pertumbuhan. Di antara faktor-faktor pembatas itu adalah ketidakseimbangan hara dalam tanah karena ada satu atau lebih unsur yang jumlahnya kurang atau berlebih.

Untuk dapat lebih meningkatkan manfaat pupuk, varietas yang ditanam hendaknya yang tanggap terhadap pemupukan tinggi. Selain itu budidaya perlu dilakukan dengan baik, seperti pengaturan populasi tanaman yang sesuai dan penyiangan yang tepat.

KESIMPULAN

1. Efisiensi pemanfaatan pupuk sangat bersifat spesifik lokasi. Informasi dari banyak hasil penelitian belum sepenuhnya membantu interpretasi ciri lokasi, karena masih sedikit laporan hasil penelitian yang disertai deskripsi lokasi penelitian secara jelas.
2. Efisiensi pemanfaatan pupuk N untuk padi sawah dapat ditingkatkan dengan menggunakan (i) urea biasa (urea pril) yang diberikan secara hambur pada saat tanam dan dibenamkan ke lumpur dengan menginjak-injak; (ii) urea biasa dimasukkan dalam bola tanah dan dibenamkan sekitar 10 cm pada 3-4 hst; (iii) urea berselimut belerang (SCU) yang dihambur dan diaduk dengan lumpur sesaat sebelum tanam, atau urea super granul (USG) atau urea briket yang dibenamkan sedalam 10 cm.
3. Apabila urea biasa diberikan pada padi sawah dengan cara dihambur, sebaiknya 50% dosis diberikan pada saat tanam dan 50% sisanya pada saat mulai primordia. Dibandingkan dengan urea biasa yang diberikan secara dihambur dua kali, efisiensi pemanfaatan N dalam bentuk urea biasa (dihambur dan dibenamkan dengan diinjak-injak), urea biasa dalam bola tanah, SCU, USG, dan urea briket adalah berturut-turut 1,4, 1,8, 1,5, 1,4, dan 1,5 kali lebih tinggi.
4. Efisiensi pemanfaatan N oleh padi sawah lebih tinggi di tanah bertekstur lebih halus (lempungan) daripada di tanah yang lebih kasar (pasiran). Efisiensi juga lebih tinggi di musim kemarau daripada di musim hujan.
5. Untuk meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk untuk padi sawah, terutama N, bocoran/aliran air ke luar petakan perlu dicegah atau ditekan sekecil mungkin.
6. Pemakaian pupuk organik seperti jerami dan pupuk hijau (leguminosa) meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk buatan.
7. Untuk padi gogo di tanah yang subur di Jawa, efisiensi penggunaan N yang paling tinggi diberikan oleh amonium nitrat, diikuti oleh urea, kalsium amonium nitrat, dan ZA.
8. Pada lahan sawah intensif yang selama kurun waktu tertentu selalu diberi pupuk P, akumulasi unsur P itu dapat memenuhi kebutuhan tanaman berikutnya. Jika selama empat musim terus-menerus padi dipupuk P, maka dua musim tanam berikutnya pupuk P tidak diperlukan lagi. Apabila sumber P berupa TSP, pupuk dapat diberikan sekaligus pada saat tanam atau sebelum tanaman berumur 30 hari.
9. Bagi pertanaman padi gogo di tanah yang berkemampuan tinggi menambat P (Latosol, Podsolik), pemberian P (TSP) yang efisien adalah secara dilarik pada saat tanam.
10. Di tanah masam, efektivitas batuan fosfat sebagai sumber P tidak berbeda dengan TSP maupun super fosfat.
11. Untuk padi sawah, efisiensi pemanfaatan P asal fosfat alam 1,15 kali lipat daripada yang asal TSP.
12. * Bagi tanaman jagung di tanah Aluvial, pemberian P (TSP) secara larikan lebih baik daripada ditugal.

13. Kedelai yang ditanam di lahan sawah setelah padi tidak memerlukan pemupukan P tersendiri; pada pertanaman kedelai macam ini, pupuk N saja sebanyak 23 kg/ha sudah cukup.
14. Untuk tanaman kedelai di tanah Aluvial, kadar K_{dd} setinggi 0,1 me/100 g tanah, merupakan pembatas bagi pertumbuhan dan hasilnya.
15. Kalium sering kahat dan muncul sebagai pembatas di tanah berkapur/bereaksi basis (pH 7,5).
16. Lahan yang tanahnya berkembang/berasal dari batuan kapur atau persawahan intensif yang mendapat pengairan dari kawasan formasi kapur, sering kahat S. Bagi lahan semacam itu, satu kali pemberian 20 kg S/ha cukup untuk dua pertanaman. Tepung belerang, ZA, gips, dan urea sulfur dapat digunakan sebagai sumber belerang.
17. Di tanah-tanah tua (Latosol, Podsolik), pemberian Mo sebanyak 1,5 kg/ha dapat meningkatkan hasil kacang-kacangan.
18. Efisiensi pemanfaatan pupuk dapat ditingkatkan dengan meniadakan/memperkecil tekanan faktor pembatas pertumbuhan, dan pemupukan berimbang.
19. Guna lebih mengefisienkan pemanfaatan pupuk, pemilihan varietas dan cara budidaya (seperti populasi tanaman dan penyiangan) perlu diperhatikan.
20. Belum ada penelitian efisiensi pemanfaatan pupuk secara holistik, terutama dalam perspektif sistem pola tanam selama setahun.
21. Dengan hasil-hasil penelitian yang telah ada, efisiensi ekonomi pemupukan belum dapat diperhitungkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. **Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 1989.** Review dan penyempurnaan program penelitian pertanian Repelita V. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Rapat Kerja Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Caringin, Bogor, 3-5 April.
2. **Cottenie, A. 1980.** Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendation. Soil Conservation Service Land and Water Development Division. FAO Soil Bulletin 38/2. Food and Agriculture Organization, United Nations Organization, Rome.
3. **Dabin, B. 1980.** Phosphorous deficiency in tropical soils as constraints on agricultural output, p: 217-232. *In: Soil Related Constraints to Food Production in the Tropics.* International Rice Research Institute, Los Banos.
4. **Goswani dan Banerjee. 1978.** Phosphorus, potassium, and other macroelements. *In: Soil and rice.* The International Rice research Institute. Los Banos. p.561-580.
5. **International Rice Research Institute. 1979.** Annual report. International Rice Research Institute, Los Banos.
6. **Kasryno, E. 1986.** Supply of rice and demand for fertilizer for rice farming in Indonesia. *Jurnal Agro Ekonomi* 5(2).
7. **Manwan, I. and A.M. Fagi. 1989.** N, P, K, and S fertilization for food crops. Present Status and Future Challenges. Seminar on Sulfur Fertilizer for Lowland and Upland Rice Cropping System in Indonesia, Jakarta, July 18-20.
8. **Patrick, W.H. Jr. and K.R. Reddy. 1976.** Fate of fertilizer nitrogen in a flooded soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 40:678-81.
9. **Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. 1988.** Highlights hasil-hasil penelitian tahun 1987-1988. Balai Penelitian Tanaman Pangan. Disampaikan pada Rapat kerja Pusat penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor, 16-17 September.
10. **Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975.** Soil fertility and fertilizers. MacMillan, New York.

