



MAJALAH

ILMIAH

# MEDIA UNIKA

TAHUN 18 NO. 62 (SEPTEMBER - OKTOBER) 2006  
ISSN 0852 - 1832

Editorial

Pengelolaan Hara Padi pada Tanah Sawah demi Peningkatan Efisiensi Pupuk

*Elisabeth Sri Pujiastuti*

659-673

Pengaruh Lama Pengeringan dan Tekanan Vakum pada Pembuatan Sari Jahe Instant  
*Apul Sitobang, Maruba Pandiangan dan Irianto Sinaga*

674-685

Pengaruh Jumlah Ekstrak Teh Hijau dan Konsentrasi Sari Buah Sirsak  
terhadap Mutu *Fruit Tea Sirsak*  
*Maruba Pandiangan dan Sujiati*

686-702

Pengaruh Tanggung Jawab Sosial Perusahaan terhadap Praktik Bisnis  
*Eslil Silalabi*

703-717

Pengaruh *Earning Per Share* dan *Price Earning Ratio* terhadap *Return*  
Saham Perusahaan Manufaktur di Bursa Efek Jakarta

*Abdi Sitobang*

718-732

*Prospect of Hospital Performance Measurement Using Balanced Scorecard Approach*  
*(Development Method of Public Sector Organization Performance Measurement)*

*Icuk Rangga Barwono*

733-745

Pengaruh Struktur Modal terhadap Nilai Perusahaan

*Eslil Silalabi*

746-761

Melindungi Komputer dari Ancaman *Spyware* Menggunakan *Ad-Aware*<sup>®</sup>

*Janangur Manik*

*Janner Simarmata*

762-781

Keamanan Data dengan Steganografi pada Citra

*Lambot Sitorus*

782-795

Pencarian *Image*, Audio dan Video Berdasarkan Metadata dan Histogram

*Janangur manik*

*Janner simarmata*

796-995

Teori Hukum Sebagai Alat Bantu untuk Memahami Hukum  
Melalui Konfigurasi Pemikiran Hukum Secara Teoretis

*Elisabeth Nurhaini Butarbutar*

996-1006

UNIVERSITAS KATOLIK SANTO THOMAS  
SUMATERA UTARA

**MEDIA UNIKA**  
**MAJALAH ILMIAH UNIKA ST. THOMAS**  
**SUMATERA UTARA**

ISSN 0852 - 1832

TAHUN 18 NO. 62 (SEPTEMBER - OKTOBER) 2006

**DAFTAR ISI**

**Editorial**

**Pengelolaan Hara Padi pada Tanah Sawah demi Peningkatan Efisiensi Pupuk**

*Elisabeth Sri Pujiastuti*

659-673

**Pengaruh Lama Pengeringan dan Tekanan Vakum pada Pembuatan Sari Jahe Instant**

*Apul Sitobang, Maruba Pandiangan dan Irianto Sinaga*

674-685

**Pengaruh Jumlah Ekstrak Teh Hijau dan Konsentrasi Sari Buah Sirsak terhadap Mutu *Fruit Tea Sirsak***

*Maruba Pandiangan dan Sujiati*

686-702

**Pengaruh Tanggung Jawab Sosial Perusahaan terhadap Praktik Bisnis**

*Esti Silalabi*

703-717

**Pengaruh *Earning Per Share* dan *Price Earning Ratio* terhadap *Return Saham* Perusahaan Manufaktur di Bursa Efek Jakarta**

*Abdi Sitobang*

718-732

***Prospect of Hospital Performance Measurement Using Balanced Scorecard Approach (Development Method of Public Sector Organization Performance Measurement)***

*Icuk Rangga Bawono*

733-745

**Pengaruh Struktur Modal terhadap Nilai Perusahaan**

*Esti Silalabi*

746-761

**Melindungi Komputer dari Ancaman *Spyware* Menggunakan *Ad-Aware*<sup>®</sup>**

*Janangur Manik*

*Janner Simarmata*

762-781

**Keamanan Data dengan Steganografi pada Citra**

*Lambot Sitorus*

782-795

**Pencarian *Image*, Audio dan Video Berdasarkan Metadata dan Histogram**

*Janangur manik*

*Janner simarmata*

796-815

**Teori Hukum Sebagai Alat Bantu untuk Memahami Hukum Melalui Konfigurasi Pemikiran Hukum Secara Teoritis**

*Elisabeth Nurhaini Butarbutar*

816-826

## PENGELOLAAN HARA PADI PADA TANAH SAWAH DEMI PENINGKATAN EFISIENSI PUPUK

*Elisabeth Sri Pujiastuti*

### Abstract

*The problem in soil fertilizing today is the low fertilizer efficiency. The attempt to raise the fertilizer efficiency is done especially by improving the agronomical techniques, as in the agronomy of paddy rice.*

*Fertilizer management of paddy soils is not the same as of dry land because of the difference in paddy soil characteristics due to water logging that leads to reductive condition. Water logging causes the changes in pH and Eh, the two main factors that affect nutrient solubility in the soil solution.*

*The main nutritional problem in paddy soils is nitrogen deficiency that can be overcome by split application or fertilizer according to rice growth stages, deep placement of fertilizer in the reduced zone, and usage of slow release fertilizer and nitrification inhibitor. Other nutritional problems are the deficiencies of P, K, Zn, S and Si. The management of N, P, K, Zn, S and Si fertilizers adjusted with the paddy soil condition and nutrient need of rice plant has to be done to guarantee a high fertilizer efficiency.*

**Keywords:** *paddy soil, water logging, reductive condition, growth stage, deficiency, fertilizer efficiency.*

### Pendahuluan

Untuk dapat tumbuh dan berproduksi dengan normal tanaman padi membutuhkan pasokan 16 unsur hara esensial, yaitu: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Cu, Mn, B, Cl, dan Mo, dalam jumlah yang cukup dan berimbang. Selain C, H, dan O yang dipasok dalam bentuk gas CO<sub>2</sub> dan air, ketigabelas unsur hara yang lain dipasok dari tanah, air, dan sisa tanaman. Besarnya kehilangan unsur hara tersebut, baik melalui pencucian, erosi, volatilisasi, maupun terangkut panen, mengharuskan penambahan unsur hara dari luar, terutama dalam bentuk pupuk komersial. Untuk memperoleh hasil yang setinggi mungkin, semua hara esensial yang kurang di dalam tanah harus dipasok untuk memenuhi keseimbangan hara.



Seluruh hara esensial harus dalam jumlah optimum dan bentuk yang tersedia. Pemupukan bertujuan untuk mencukupi kebutuhan hara yang kurang atau tidak tersedia di dalam tanah, diprogramkan untuk satu musim tanam atau lebih, yang diharapkan akan menghasilkan keuntungan bersih maksimal secara berkesinambungan (Leiwakabessy dan Sutandi, 1988). Berarti, untuk memperoleh keuntungan yang maksimum, penggunaan pupuk dan input lainnya diusahakan memiliki efisiensi yang tinggi. Menurut De Datta (1981), efisiensi penggunaan pupuk adalah output tanaman per satuan hara pupuk yang digunakan di bawah kondisi tanah dan iklim tertentu. Barber (1977 dalam De Datta, 1981) mendefinisikan efisiensi pupuk sebagai peningkatan hasil panen per satuan hara pupuk. Misalnya, jika perubahan suatu tindakan agronomis meningkatkan hasil tanpa mengubah dosis pupuk, berarti efisiensi pupuk meningkat.

Pemupukan atau pengelolaan hara pada tanah sawah tidak sama dengan pada lahan kering karena sifat dan ciri tanah sawah yang khas, yaitu terciptanya kondisi reduktif akibat dilakukannya penggenangan. Menurut van Breemen (1980), tanah sawah didefinisikan sebagai tanah tergenang atau jenuh air sepanjang masa pertumbuhan padi sehingga dapat digunakan untuk produksi tanaman pangan.

Tanah sawah di Asia mendukung kehidupan suatu populasi manusia yang besar dan terus bertambah. Intensifikasi pertanian pada tanah sawah menghendaki aplikasi hara mineral untuk menjamin hasil yang tinggi. Di wilayah yang miskin sumber daya, menjadi sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pupuk inorganik dan untuk mengintegrasikan penggunaan sumber hara organik dan inorganik. Kondisi kimia tanah sawah akan menentukan perubahan hara yang terkandung dalam pupuk dan pada gilirannya akan menentukan efisiensi pupuk. Teknik pemupukan padi sawah, yang meliputi dosis, cara dan waktu aplikasi pupuk, harus disesuaikan dengan kondisi tanah sawah untuk menjamin efisiensi pupuk yang tinggi.

Di Indonesia, unsur hara yang biasa diberikan melalui tindakan pemupukan padi sawah adalah N, P, dan K. Padahal, masalah hara pada padi sawah lebih luas daripada itu. Menurut De Datta (1981), N, P, Zn, dan K adalah unsur hara yang paling sering digunakan oleh petani padi. Belerang (S) kadang-kadang diberikan ke tanah, tetapi biasanya disuplai sebagai pupuk ZA  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ , ZK  $(\text{K}_2\text{SO}_4)$ , dan super fosfat biasa  $(\text{CaSO}_4)$ , walaupun kadang-kadang tidak perlu. Silikon (Si), walaupun bukan unsur hara esensial, dipakai pada tanah sawah di Jepang, Korea, dan Taiwan. Tulisan ini mencoba membahas pengelolaan hara padi sawah yang rasional demi efisiensi pupuk yang tinggi sehingga petani dapat memperoleh keuntungan yang maksimum.

Untuk mencapai efisiensi pupuk yang tinggi, aplikasi pupuk pada tanah sawah untuk tanaman padi menuntut pemahaman mengenai perubahan-perubahan yang terjadi pada tanah sawah dan mengenai serapan hara oleh tanaman padi pada berbagai stadia tumbuh. Oleh karena itu, pembahasan dalam tulisan ini akan dimulai dengan penjelasan tentang perubahan elektrokimia pada tanah sawah dan serapan hara padi pada berbagai stadia tumbuh, dan diikuti dengan penjelasan tentang pengelolaan pupuk pada tanaman padi sawah yang meliputi pengelolaan pupuk N, P, K, Zn, S, dan Si.

## Pembahasan

### Perubahan Elektrokimia Tanah Sawah

Bila digenangi, tanah berubah dari status teroksidasi menjadi tereduksi. Reduksi tanah sendiri tidak merusak tanaman padi, kecuali mungkin pada potensial  $< -300$  mV, dimana sulfida dihasilkan pada level toksik. Tetapi, pengaruh tidak langsung dari reduksi tanah sangat penting bagi budidaya padi.

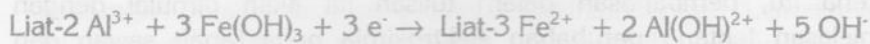
Sanchez (1976) menekankan bahwa akibat penggenangan yang luar biasa adalah dihasilkannya kisaran pH optimum bagi ketersediaan sebagian besar hara. Pengaruh menyeluruh penggenangan adalah meningkatkan pH tanah masam dan menurunkan pH tanah alkalin. Sedangkan menurut Wang dan Hagan (1981) perubahan kimia penting yang terjadi jika tanah digenangi adalah: 1) reduksi besi dan mangan, 2) denitrifikasi, 3) akumulasi amonia, 4) peningkatan ketersediaan P dan Si, 5) produksi senyawa organik toksik, dan 6) pelepasan  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , dan  $\text{Mg}^{2+}$  dari kompleks pertukaran tanah.

Selain peningkatan ketersediaan beberapa unsur hara, keuntungan lain dari penggenangan yang penting secara ekonomis adalah: kompetisi gulma yang berkurang secara drastis, fiksasi N oleh algae hijau biru dan bakteri yang cukup untuk mempertahankan tingkat produksi sedang, dan konsentrasi ion ferro dan mangan yang mencukupi kebutuhan padi.

Penggenangan dan reduksi tanah menyebabkan penurunan potensial redoks (Eh) dan, pada tanah masam, meningkatkan pH menjadi sekitar 6.5 (van Breemen, 1980). Potensial redoks (Eh) dan reaksi (pH) tanah inilah yang merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi kelarutan berbagai unsur hara.

Menurut Ponnampetuma (1965), perubahan kimia terpenting yang terjadi jika tanah digenangi adalah reduksi besi ( $\text{Fe}^{3+}$  menjadi  $\text{Fe}^{2+}$ ) dan peningkatan kelarutan besi yang menyertai proses tersebut, karena dapat meningkatkan pH, meningkatkan ketersediaan P, dan mendesak

kation-kation dari tapak pertukaran (Sanchez, 1976). Menurut Miller (1983 dalam Ransom dan Smeck, 1986), peningkatan pH tanah masam akibat penggenangan tanah sawah dapat ditunjukkan oleh reaksi:



Menurut Ponnamperna (1965), peningkatan pH tanah akibat reduksi ditentukan oleh pH tanah awal, sifat dan kandungan bahan teroksidasi di dalam tanah, dan jenis dan kandungan bahan organik. Jika cukup tersedia oksida bebas dan bahan organik, pH dapat mencapai 6 – 7 (Brinkman, 1978). Stabilisasi pH pada nilai sekitar netral disebabkan oleh pengendapan Fe(II) dan Mn(II) hidroksida dan karbonat (van Breemen dan Brinkman, 1978).

Periode reduksi intensif, produksi amonia, terciptanya konsentrasi tinggi  $\text{CO}_2$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ , dan produk organik terjadi pada 2-6 minggu pertama setelah penggenangan. Juga selama periode tersebut ketersediaan P, Si, dan K nyata meningkat. Hal tersebut berarti lama penggenangan tanah sebelum penanaman padi merupakan peubah penting dalam produktivitas tanah tergenang (De Datta, 1981). Sejalan dengan itu, Sanchez (1976) menyatakan bahwa padi dapat mati karena toksisitas Al jika ditanam pada awal penggenangan. Peningkatan pH, yang akan mengendapkan Al-td (aluminium yang dapat dipertukarkan) jika mencapai nilai 5.5, butuh waktu 2 minggu setelah penggenangan. Oleh karena itu, padi sebaiknya ditanam minimal setelah 2 minggu masa penggenangan.

Menurut Rowell (1981), tanah sawah yang baik dengan produktivitas tinggi dicirikan oleh heterogenitas Eh (potensial redoks) pada horison atas, yakni  $\text{Eh} < 0.1\text{V}$  sampai kedalaman 5 cm dan dengan cepat naik lagi pada kedalaman 20 cm. Pada tanah sawah yang buruk (*degraded paddy soil*) heterogenitas Eh pada horison A menurun dan horizon menjadi lebih bergley secara seragam. Penurunan produktivitas pada *degraded paddy soil* berhubungan dengan kondisi reduksi yang lebih kuat dan munculnya senyawa-senyawa toksik.

### Serapan Hara Tanaman Padi

Menurut Ishizuka (1965 dalam De Datta, 1981) serapan hara pada berbagai stadia tumbuh tanaman padi dapat diringkaskan sebagai berikut:

- Pada tahap perkecambahan, kandungan N, P, dan K meningkat, lalu menurun kembali. Saat kandungan maksimum unsur tersebut berbeda-beda, tergantung pada pasokan unsur hara.

- b. Kandungan N tanaman agak menurun setelah pindah tanam, lalu meningkat lagi hingga awal pembungaan. Setelah itu kandungan N menurun terus hingga masa pengisian bulir dan hampir konstan hingga stadium masak susu.
- c. Kandungan P menurun cepat setelah pindah tanam, lalu meningkat secara bertahap dan mencapai puncak pada awal pembungaan. Kandungan yang tinggi ini bertahan selama masa berbunga lalu menurun sampai tahap pengisian bulir. Hal tersebut berhubungan dengan translokasi dan akumulasi pati pada biji, dan menunjukkan hubungan yang erat antara metabolisme karbohidrat dengan P.
- d. Kandungan K menurun bertahap sejalan dengan pertumbuhan tanaman; lalu meningkat lagi dari masa pembungaan hingga stadium masak susu.
- e. Perubahan persentase Ca sama dengan K.
- f. Kandungan Mg tinggi sejak pindah tanam sampai pertengahan pembentukan anakan, lalu menurun secara bertahap.
- g. Kandungan S menurun sejalan dengan pertumbuhan.

#### **Pengelolaan Pupuk pada Tanaman Padi Sawah**

Pupuk-pupuk pembawa unsur N, P, dan K adalah yang paling sering digunakan oleh petani padi. Belerang (S) kadang-kadang diberikan ke tanah, tetapi biasanya disuplai sebagai pupuk ZA  $\{(NH_4)_2SO_4\}$ , ZK  $(K_2SO_4)$ , dan superfosfat biasa  $(CaSO_4)$ . Silikon (Si), walaupun bukan unsur hara esensial, dipakai pada tanah sawah di Jepang, Korea, dan Taiwan.

#### **Pengelolaan Pupuk Nitrogen**

Nitrogen sering merupakan unsur hara yang paling terbatas pada tanah sawah. Sebab utama kehilangan N dari tanah sawah adalah melalui denitrifikasi; pencucian merupakan sebab kedua. Pengelolaan pupuk N harus memperhatikan kehilangan N melalui denitrifikasi dan pencucian tersebut.

##### Pupuk Nitrogen Inorganik

Pupuk N inorganik yang biasa digunakan sebagai sumber N adalah: urea, ZA,  $NH_4Cl$ , dan  $NH_4NO_3$ . Urea adalah pupuk N yang penting bagi padi di Asia tropis. Urea merupakan pupuk komersial padat yang mengandung N tertinggi, dan analisis yang tinggi tersebut menghemat biaya angkut dan distribusi, sehingga pupuk tersebut diminati oleh petani dan produsen pupuk. Menurut AAK (1992), pupuk urea diberikan dengan dosis 300 kg urea/ha atau sesuai dengan rekomendasi pupuk daerah setempat.

Pemilihan sumber pupuk untuk padi sawah bergantung atas metode dan saat pemupukan. Banyak petani menggunakan 2 – 3 kali pemberian pupuk, sebagian pada saat tanam (selama persiapan lahan atau segera setelah tanam) dan sisanya sebagai *top dressing* selama berbagai stadia tumbuh.

Menurut Morris dan Meelu (1985), efisiensi dari berbagai pupuk N ditentukan oleh bentuk N, jenis tanaman, dan agroekosistem. Banyak penelitian menunjukkan bahwa bagi padi sumber pupuk  $\text{N-NO}_3^-$  kurang efektif dibandingkan bentuk  $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ . Sedangkan menurut De Datta (1981), N yang dipakai pada saat tanam sebaiknya dalam bentuk amonium ( $\text{NH}_4^+$ ). Sumber N untuk *top dressing* kurang perlu dibedakan, bentuk amonium maupun nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) sama-sama efektif. Hal tersebut karena ketika tanaman telah cukup mapan maka bentuk  $\text{N-NO}_3^-$  diserap dengan cepat oleh tanaman sebelum tercuci ke lapisan reduksi sehingga dapat hilang melalui denitrifikasi.

Pada banyak situasi, pupuk yang mengandung ataupun yang menghasilkan amonium (pupuk urea) sama efektif ditinjau dari produksi gabah. Pada tanah dengan Fe rendah, seperti pada *degraded paddy soil* di Jepang, urea,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dan pupuk-pupuk N lain yang tidak mengandung S lebih baik daripada yang mengandung S, seperti ZA  $\{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4\}$ , karena tanpa Fe yang cukup akan terbentuk  $\text{H}_2\text{S}$  dalam tanah tereduksi dan dapat berpengaruh buruk terhadap tanaman padi. Penelitian Engelstad (1967 dalam De Datta, 1981) menunjukkan bahwa pupuk ZA sama efektif dengan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , diikuti oleh urea, dan bahwa pupuk yang mengandung nitrat, seperti  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , adalah yang paling efektif.

#### Sumber Nitrogen Lambat Tersedia

Kekurangan pupuk, ditambah kehilangan yang tinggi pada dosis N yang tinggi (misalnya pada penggunaan varietas modern), mendorong penggunaan pupuk yang lambat melepaskan haranya sepanjang musim tanam atau lebih. Penggunaan pupuk tersebut meningkatkan efisiensi pupuk, menekan biaya aplikasi karena frekuensi aplikasi pupuk yang rendah, mengurangi kehilangan karena pencucian atau dekomposisi, mengurangi konsumsi mewah, dan menghindari kerusakan benih akibat pupuk. Pupuk urea yang pernah diuji untuk tanaman padi adalah: Urea form (urea formaldehyde), IBDU (isobutylidene diurea), CDU (crotonylidene diurea), SCU (sulfur coated urea), dan sulfur coated supergranule. Hasil padi dan efisiensi pupuk akibat pemakaian jenis urea disajikan pada Tabel 1.



### Penghambat Nitrifikasi

Karena sebagian besar pupuk N yang hilang dari pertanaman padi terjadi setelah nitrifikasi amida dan ammonium menjadi nitrat, maka penghambat nitrifikasi, yakni penghalang konversi  $N-NH_4^+$  menjadi  $N-NO_3^-$  dengan menghambat pertumbuhan atau aktivitas *Nitrosomonas*, diuji untuk meminimalkan kehilangan tersebut. Contoh penghambat nitrifikasi adalah: nitrapyrim (2-chloro-6-trichloromethylpyridine), dicyandiamide, AM (2-amino-4-chloro-6-methyl pyrimidine), dan ST (2-sulfanilamidiothiazole).

Tabel 1. Hasil Gabah Padi yang Ditanam pada Tanah Tergenang Akibat Pupuk N Konvensional dan N Lambat Tersedia (Doll, 1975 dalam De Datta, 1981).

Sumber N*)	Hasil Padi (ton/ha)	Peningkatan Hasil Karena N (ton/ha)	Efisiensi Pupuk N (kg padi/kg N)
Tanpa N	3.2	-	-
Urea	4.9	1.7	16
SCU	5.6	2.3	22

\*) N diberikan sebagai pupuk dasar atau sebelum pindah tanam. Kandungan N yang sama diberikan sebagai SCU maupun urea pada dosis yang bervariasi antara 80 – 250 kg N/ha

### Pupuk Nitrogen Organik

Untuk mempertahankan kandungan bahan organik tanah yang optimum (3 – 5 %) diperlukan suplai bahan organik dan sistem pertanian yang dapat meningkatkan dan mempertahankan kadar bahan organik tanah. Penggunaan jerami padi dan sumber organik yang lain didukung oleh dua hal, yaitu: 1) Kekhawatiran bahwa penggunaan jenis pupuk N tertentu secara terus-menerus, walaupun meningkatkan hasil padi pada awalnya, dapat meningkatkan kemasaman tanah (misalnya, penggunaan ZA yang terus-menerus), dan menurunkan produktivitas tanah, dan 2) Keyakinan bahwa kompos dan sumber-sumber N organik penting untuk mencapai hasil yang tinggi.

Di Jepang, selama kontes pada tahun 1948 – 1968, petani pemenang kontes mencapai hasil rata-rata 11.2 ton/ha dengan menggunakan rata-rata 18 ton/ha kompos sebagai suplemen pupuk inorganik. Di Cina umumnya kompos dan sumber organik lain digunakan sebagai pupuk dasar. Petani Korea dengan menggunakan

kompos dan pupuk inorganik minimal 150 kg N/ha mencapai hasil mendekati 7 ton/ha. Menurut AAK (1992), pupuk kandang sebagai pupuk dasar diberikan minimal 5 ton/ha, sedangkan 1 ton jerami padi yang telah dikomposkan dapat memasok 23 kg N dan 43 kg  $K_2O$ . Pupuk kandang yang sudah matang disebar pada 2 minggu sebelum tanam atau saat pengolahan tanah; jerami dapat juga dikomposkan lebih dulu.

#### Dosis dan Saat Aplikasi

Efisiensi pupuk dapat ditingkatkan dengan memperoleh hasil yang tinggi pada jumlah N diserap tanaman yang sama. Salah satu caranya adalah dengan mengaplikasikan pupuk pada saat yang tepat untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Tanaman padi berumur dalam yang dipupuk N rendah (20 kg N/ha) menggunakan pupuk untuk produksi gabah paling efisien selama tahap anakan maksimum dan sekitar masa pembungaan. Oleh karena itu, aplikasi N yang terpisah (*split application*) dengan  $\frac{1}{2}$  dosis pada saat pindah tanam dan  $\frac{1}{2}$  dosis pada saat inisiasi malai adalah yang paling baik untuk memperoleh hasil yang tinggi, terutama untuk padi berumur dalam.

Menurut Prasad dan De Datta (1979 dalam De Datta, 1981), 2 - 3 kali aplikasi N menghasilkan efisiensi pupuk N tertinggi, dan bahwa split yang lebih banyak diperlukan untuk varietas padi berumur dalam dan tanah yang lebih ringan.

Aplikasi pupuk N pertama kali dibenamkan dengan cara diinjak-injak. Menurut De Datta (1978 dalam De Datta, 1981), aplikasi N dengan bola lumpur pada level 60 kg N/ha pada lapisan reduksi tanah setara dengan aplikasi N terpisah (*split*) pada dosis 100 kg N/ha.

#### Teknik Pertanian

Pengaturan berbagai teknik pertanian di lapangan dapat meningkatkan hasil tanpa mengubah dosis pupuk N yang digunakan.

Pengendalian hama dan gulma, manipulasi jarak tanam, dan pengelolaan air merupakan contoh praktek pengelolaan yang dapat meningkatkan efisiensi pupuk N pada padi sawah.

#### Pengelolaan Pupuk Fosfor

Respon hasil padi pada tanah sawah terhadap pupuk P tidak sejelas pada lahan kering. Ketersediaan P yang lebih tinggi pada kondisi tergenang, perbedaan pH, aktivitas mikroba, dan kadar air menjelaskan hal tersebut (Diamond, 1985).

Pengelolaan P terutama bergantung atas sifat-sifat tanah, seperti: reaksi tanah, derajat pelapukan, jenis mineral liat, rejim air, intensitas tanam dan pola tanam.

#### Sumber

Kecuali untuk tanah-tanah yang sangat masam atau sangat alkalin, tidak terdapat perbedaan nyata antar berbagai sumber pupuk P. Di Indonesia, India, Pakistan, Filipina, Korea dan Burma, super fosfat adalah sumber P utama kebanyakan tanah, sedangkan di Sri Lanka, Malaysia, Thailand dan Vietnam, sumber utama P adalah batuan fosfat.

#### Waktu Aplikasi

Umumnya P diaplikasikan pada saat tanam dengan alasan kelarutannya yang rendah, tetapi dapat juga setelah itu asalkan tidak melewati fase anakan aktif karena aplikasi awal P penting untuk pertumbuhan akar.

Aplikasi terpisah (*split*) tidak perlu dilakukan karena beberapa alasan, yaitu: 1) mobilitas P dari daun tua ke daun muda tinggi, 2) ketersediaan P tanah meningkat sejalan dengan lamanya penggenangan, dan 3) kehilangan melalui pencucian rendah.

#### Metode Aplikasi

Pupuk pembawa unsur P biasanya diaplikasikan sebagai pupuk dasar, biasanya disebar, dengan atau tanpa membenamkannya ke lumpur, baik selama persiapan lahan terakhir atau pelumpuran mapupun segera sebelum pindah tanam (Tabel 2).

Tabel 2. Efisiensi Relatif (dalam persen) Berbagai Metode Penempatan Pupuk Fosfor pada Padi Berdasarkan Persentase Fosfor yang Berasal dari Pupuk Sebar Permukaan pada Umur 20 Hari (Davide, 1965 dalam De Datta, 1981)

Metode Penempatan	Umur (Hari Setelah Pindah Tanam)			
	20	40	60	80
Sebar permukaan	100	96	89	114
Sebar permukaan, dibenam dengan bajak	138	124	97	111

Kedalaman 10 cm pada lobang tanam	148	71	45	58
Kedalaman 20 cm pada lobang tanam	109	61	34	48
Kedalaman 10 cm antar baris	72	72	45	46
Kedalaman 20 cm antar baris	50	48	37	40

### Pengelolaan Pupuk Kalium

Umumnya respon padi terhadap pupuk pembawa K yang diberikan ke tanah tidak sejelas pupuk N atau P. Dilaporkan bahwa kebanyakan tanah di Asia tidak memerlukan K sebanyak N atau P dan bahwa hanya sedikit peningkatan hasil diperoleh dengan pemberian pupuk K. Di Korea peningkatan hasil akibat K hanya 4%. Menurut von Uexkull (1985), di Asia tropis hasil padi rendah dan jerami sering ditinggalkan di lahan. Dalam kondisi demikian, bahkan tanah miskin tidak menunjukkan respon terhadap K. Menurut Lin (1985) penggunaan pupuk kandang dan jerami padi dapat menurunkan kebutuhan K dari pupuk inorganik karena pupuk kandang dan kompos jerami kaya akan kalium.

### Sumber

Kalium klorida (KCl) adalah pupuk utama (95%) sumber K karena biaya produksi rendah dan analisisnya tinggi (62%  $K_2O$ ), mengandung 45 - 47% Cl, tergantung komposisi batuan asalnya. Di beberapa negara, pupuk majemuk seperti 14-14-14, 15-15-15, 21-10-10, dan 10-15-15 digunakan sebagai pupuk dasar.

### Dosis dan Waktu Aplikasi

Menurut von Uexkull (1985), dengan asumsi bahwa padi menyerap 22 kg K/ton padi yang dihasilkan, dosis K dapat dihitung menurut Tabel 3.

Menurut De Datta (1981) K diaplikasikan pada pengolahan tanah terakhir, tetapi Su (1976 dalam De Datta, 1981) menunjukkan adanya respon positif dari aplikasi terpisah (*split*) K. Menurut AAK (1992) pupuk K diberikan 2 - 3 kali, tergantung kondisi tanah, dibenamkan  $\frac{1}{2}$  dosis pada saat tanam dan  $\frac{1}{2}$  dosis sisanya diberikan pada saat menjelang keluarnya malai. Tetapi, menurut De Datta (1981), jika dosis K rendah (30 kg  $K_2O/ha$ ) digunakan, lebih baik dilakukan *top dressing* satu kali pada masa pertumbuhan anakan maksimum.



Tabel 3. Penghitungan Kebutuhan Pupuk Kalium pada Berbagai Tingkat Produksi Padi dengan Asumsi Pasokan K dari Tanah dan Air Irigasi Konstan.

Hasil (ton/ha)	Kebutuhan K tanaman (kg/ha) a)	Suplai K Konstan (kg/ha)		Suplai Total (kg/ha)	Balans (kg/ha)	K yang Dibutuhkan (kg/ha) c)
		Dari Tanah	Dari Air Irigasi b)			
2	44	50	20	70	+26	-
3	66	50	20	70	+4	-
4	88	50	20	70	-18	30
5	110	50	20	70	-40	67
6	132	50	20	70	-62	103
7	154	50	20	70	-84	140
8	176	50	20	70	-106	177

Keterangan: a) Asumsi 22 kg K diserap per ton padi  
 b) Asumsi 2 ppm K/100 mm air  
 c) Asumsi 60 % penggunaan dari K yang disuplai

### Pengelolaan Pupuk Seng

Setelah defisiensi N dan P, defisiensi Zn merupakan masalah hara utama yang membatasi produksi padi. Hal tersebut terjadi pada Histosol, tanah sodik, tanah berkapur dan tanah berpasir serta tanah basah.

Defisiensi Zn yang meningkat dewasa ini disebabkan oleh:

1. Penggunaan varietas-varietas modern yang kurang toleran terhadap defisiensi Zn atau membutuhkan lebih banyak Zn karena produksi yang lebih tinggi.
2. Pemakaian pupuk urea menggantikan ZA yang kadang-kadang meningkatkan pH tanah.
3. Peningkatan penggunaan pupuk P menghasilkan defisiensi Zn akibat P tinggi.
4. Peningkatan penggunaan pupuk yang tanpa Zn atau yang mengandung sedikit Zn.

Pada tanah yang kekurangan Zn, yakni tanah-tanah dengan pH tinggi atau tanah berkapur, pupuk majemuk NPK saja akan memberikan peningkatan hasil yang terbatas, kecuali defisiensi Zn dikoreksi dulu (De Datta, 1981).

#### Metode Aplikasi

Menurut De Datta (1981), dengan merendam bibit padi dalam Zn-oksida, hasil padi meningkat dari 0.1 – 0.5 ton/ha menjadi 3.3 – 4.1 ton/ha. Cara lain adalah dengan merendam akar bibit dalam suspensi ZnO 2 % sebelum pindah tanam. Untuk tanam benih langsung, cara terbaik adalah dengan merendam benih dengan ZnO, diikuti dengan penyemprotan pada daun menggunakan  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5 % pada 5 – 7 hari sebelum inisiasi malai (Abilay dan De Datta, 1978 dalam De Datta, 1981). Berbagai bahan Zn ( $ZnSO_4$ , ZnO, Zn-lignosulfonate) yang diaplikasikan pada benih padi sebelum tanam dapat mengoreksi defisiensi Zn.

#### Pengelolaan Pupuk Belerang

Menurut Wang (1976 dalam De Datta, 1981) defisiensi S terjadi karena:

1. Penggantian single superfosfat (13.9 % S) oleh super fosfat terkonsentrasi, dan ZA (24.2 % S) oleh urea.
2. Berkurangnya polusi udara sehingga mengurangi pengayaan tanah melalui hujan.
3. Berkurangnya penggunaan pupuk kandang.
4. Meningkatnya penggunaan varietas modern yang membutuhkan doisi N, P, K dan S yang lebih tinggi.

Penyebab utama defisiensi S menurut Blair (1977 dalam De Datta, 1981) adalah status S dalam bahan induk yang rendah, pelapukan yang ekstrim, pencucian, atau ketiganya. Kehilangan bahan organik, pencucian dan erosi, penggunaan dan pengelolaan pupuk juga sering menyebabkan defisiensi S di daerah tropis.

#### Sumber dan Waktu Aplikasi

Sumber S umumnya adalah pupuk ZA (24.2 % S), single superfosfat (13.9 % S), ZK (16 – 18 % S), dan gipsum pertanian (15 – 18 % S); selain itu senyawa yang mengandung S serta SCU juga merupakan sumber S yang baik bagi padi.

Seperti N, S dibutuhkan untuk sintesis protein dan harus diaplikasikan segera, yaitu 2 – 3 minggu sebelum munculnya malai.

### Pengelolaan Pupuk Silikon

Menurut Takahashi dan Miyake (1977 dalam De Datta, 1981), dosis rata-rata bahan silikat (Ca-silikat, suatu produk samping industri besi) di pertanaman padi di Jepang adalah 1.5 – 2.0 ton/ha. Imaizumi dan Yoshida (1958 dalam De Datta, 1981) melaporkan serapan Si rata-rata untuk satu kali tanam adalah 443 kg/ha.

#### Sumber, Dosis, dan Metode Aplikasi

Sumber Si yang paling umum adalah terak baja yang mengandung Ca-silikat. Dosis 1.5 – 2.0 ton/ha Ca-silikat cukup untuk padi. Di Taiwan, aplikasi pupuk dasar yang tidak dibenamkan lebih baik daripada yang dibenamkan, tetapi sama baiknya dengan top dressing pada awal pertumbuhan.

### Penutup

Penggenangan tanah sawah menghasilkan perubahan elektrokimia yang berimplikasi pada transformasi dan perubahan ketersediaan unsur hara pada tanah sawah. Hal tersebut akan mempengaruhi efisiensi aplikasi hara organik dan inorganik. Di wilayah yang miskin sumberdaya, peningkatan efisiensi pupuk inorganik dan integrasi penggunaan sumber hara organik dan inorganik merupakan hal yang sangat penting.

Efisiensi pupuk didefinisikan sebagai peningkatan hasil panen per satuan pupuk. Berbagai tindakan agronomis, seperti: pengelolaan air, pengendalian gulma, pemilihan varietas, dan pemilihan sumber hara yang tepat dapat meningkatkan efisiensi pupuk. Teknik pemupukan yang meliputi dosis, cara dan waktu aplikasi harus disesuaikan dengan kondisi tanah sawah untuk menjamin efisiensi pupuk yang tinggi.

Perubahan elektrokimia terpenting pada tanah sawah adalah menurunnya Eh dan dihasilkannya kisaran pH netral yang optimum untuk ketersediaan sebagian besar unsur hara. Reaksi tanah (pH tanah) dan potensial redoks tanah (Eh tanah) merupakan dua faktor utama yang mempengaruhi kelarutan unsur hara di dalam tanah.

Masalah hara pada pertanaman padi sawah meliputi defisiensi N, P, K, Zn, S, dan Si. Defisiensi nitrogen merupakan masalah hara utama tanah sawah karena kehilangan N yang besar melalui denitrifikasi dan pencucian. Untuk meningkatkan efisiensi pupuk N dilakukan aplikasi terpisah (*split application*), pembenaman pupuk di lapisan reduksi, dan penggunaan pupuk N lambat tersedia dan senyawa penghambat nitrifikasi. Fosfor diaplikasikan sebagai pupuk dasar karena aplikasi P yang segera penting untuk pertumbuhan akar. Kalium dapat diberikan

terpisah, sebagai pupuk dasar saja ataupun top dressing, tergantung pada dosis pupuk. Aplikasi Zn pada benih atau bibit dapat mengoreksi defisiensi Zn. Belerang diberikan ke tanah pada awal pertumbuhan padi sebagai bahan ikutan dalam pupuk seperti pupuk ZA dan ZK. Sumber Si yang umum adalah terak baja, diaplikasikan sebagai pupuk dasar dengan dosis 1.5 – 2.0 ton/ha.

Selain pemakaian pupuk inorganik, penggunaan sumber hara organik secara integral dengan pupuk inorganik dapat meningkatkan efisiensi pupuk inorganik. Telaah tersendiri mengenai penggunaan bahan organik pada budidaya padi sawah menjadi penting.

#### Daftar pustaka

- AAK. 1992. *Budidaya Tanaman Padi*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- BRINKMAN, R. 1978. *Ferrolysis: chemical and mineralogical aspects of soil formation in seasonally wet acid soils, and some practical implications*, p. 295 – 306. In: IRRI (Ed.). *Soils and Rice*. IRRI. Los Banos.
- DE DATTA, S. K. 1981. *Principles and Practices of Rice Production*. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- DIAMOND, R. B. 1985. *Availability and management of phosphorus in wetland soils in relation to soil characteristics*, p. 269 – 284. In: IRRI (Ed.). *Wetland Soils: Characterization, Classification and Utilization*. IRRI. Los Banos.
- LEIWAKABESSY, F. dan A. SUTANDI. 1988. *Pupuk dan Pemupukan*. Diklat. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- LIN, B. 1985. *Effect and management of potassium fertilizer on wetland rice in China*, p. 285 – 292. In: IRRI (Ed.). *Wetland Soils: Characterization, Classification and Utilization*. IRRI. Los Banos.
- MORRIS, R. A. dan O. P. Meelu. 1985. *Soil fertility and fertilizer management of rice-based cropping*, p. 321 – 346. In: IRRI (Ed.). *Wetland Soils: Characterization, Classification and Utilization*. IRRI. Los Banos.
- PONNAMPERUMA, F. R. 1965. *Dynamic aspect of flooded soils and the nutrition of the rice plant*, p. 295 – 328. In: IRRI (Ed.). *The Mineral Nutrition of the Rice Plant*. The Johns Hopkins Press. Baltimore.
- RANSOM, M. D. dan N. E. Smeck. 1986. *Water table characteristics and water chemistry of seasonally wet soils of Southwestern Ohio*. *Soil. Sci. Am. J.* 50: 1281 – 1290.



- ROWELL, D. L. 1981. *Oxidation and reduction*, p. 401 – 461. In: Greenland, D. J. dan M. H. B. Hayes (Eds.). *The Chemistry of Soil Processes*. John Wiley and Sons. New York.
- SANCHEZ, P. A. 1976. *Properties and Management of Soils in the Tropics*. John Wiley and Sons. New York.
- van BREEMEN, N. 1980. *Acidity of wetland soils, including Histosols, as a constraint to food production*, p. 189 – 202. In: IRRI (Ed.). *Priorities for Alleviating Soil-Related Constraints to Food Production in the Tropics*. IRRI. Los Banos.
- \_\_\_\_\_ dan R. Brinkman. 1978. *Chemical equilibria and soil formation*. In: Bolt, G. H. dan M. G. M. Bruffenwert (Eds.). *Soil Chemistry: A. Basic Elements*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- von UEXKULL, H. R. 1985. *Availability and management of potassium in wetland rice soils*, p. 292 – 306. In: IRRI (Ed.). *Wetland Soils: Characterization, Classification and Utilization*. IRRI. Los Banos.
- WANG, J. K. dan R. E. Hagan. 1981. *Irrigated Rice Production System: Design Procedures*. Westview Press. Boulder.