

Penelitian Pemupukan Padi dengan Teknik Isotop

Widjang H. Sisworo¹ dan Nazir Abdullah²

¹Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi,

²Badan Tenaga Atom Nasional

PENDAHULUAN

Teknik isotop sebagai teknik perunut (*tracer techniques*) diperkenalkan pertama kali pada tahun 1911 oleh seorang mahasiswa Manchester bernama George de Hevesy, yang kemudian memenangkan hadiah Nobel (17, 23, 33). Hevesy menyadari potensi yang dimiliki oleh zat radioaktif yang terdapat di alam untuk menandai berbagai macam bahan sehingga memungkinkan bahan tersebut dikenali kembali. Ia membuktikan hal itu dengan percobaan sederhana. Sisa makanan yang dihidangkan oleh induk semangnya diberi zat radioaktif. Beberapa hari berselang, ketika induk semangnya menghidangkan makanan yang sama, ia dapat mendeteksi bahwa makanan tersebut adalah sisa makanan yang dihidangkan beberapa hari sebelumnya. Pada tahun 1913, Hevesy menggunakan radioisotop ^{210}Pb untuk mempelajari kelarutan berbagai garam Pb.

Tahun 1923 merupakan awal penggunaan teknik isotop dalam ilmu pengetahuan (23, 33), karena saat itu Hevesy untuk pertama kali menggunakan radioisotop ^{212}Pb dalam ilmu biologi untuk mempelajari penyerapan unsur Pb oleh tanaman hidup. Pada tahun 1935, ia menggunakan radioisotop ^{32}P untuk mempelajari penyerapan zat hara fosfor oleh tanaman yang ditumbuhkan dalam larutan hara. Pada saat ini, teknik isotop telah digunakan secara luas dalam penelitian pertanian antara lain penelitian tanah, pemupukan dan nutrisi tanaman, fisiologi tanaman, air tanah dan pengairan tanaman, serta proteksi tanaman. Dalam penelitian pemupukan teknik tersebut dapat digunakan untuk memisahkan zat hara yang dikandung tanaman yang berasal dari pupuk dan dari tanah. Teknik ini juga digunakan untuk menentukan banyaknya pupuk yang tertinggal di tanah setelah tanaman dipanen. Selain itu, perilaku pupuk di dalam tanah juga dapat dipelajari dengan teknik isotop. Oleh karena itu, teknik ini sangat bermanfaat untuk mempelajari cara pemupukan yang efisien. Tulisan ini memuat secara ringkas hasil penelitian pemupukan padi yang menggunakan teknik isotop di Indonesia.

PEMUPUKAN NITROGEN

Penelitian pemupukan dengan teknik isotop ^{15}N telah dimulai di Indonesia sejak awal tahun 1970-an dalam rangka program penelitian pemupukan padi yang dikoordinasikan oleh Badan Tenaga Atom Internasional, IAEA, di Wina, Austria. Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) pada waktu ini ikut sebagai salah satu kontrak penelitian yang berjalan sampai tahun 1974. Bahan pupuk bertanda ^{15}N berasal dari laboratorium IAEA di Siebersdorf dekat Wina, Austria. Analisis sampel tanaman juga dilakukan di laboratorium tersebut.

Sejak tahun 1978, BATAN sudah memiliki alat pencacah ^{15}N Spektrometer emisi tipe NIA-1 buatan JASCO, Jepang. Sejak tahun itu pula, analisis ^{15}N sampel tanaman sudah dilakukan sendiri.

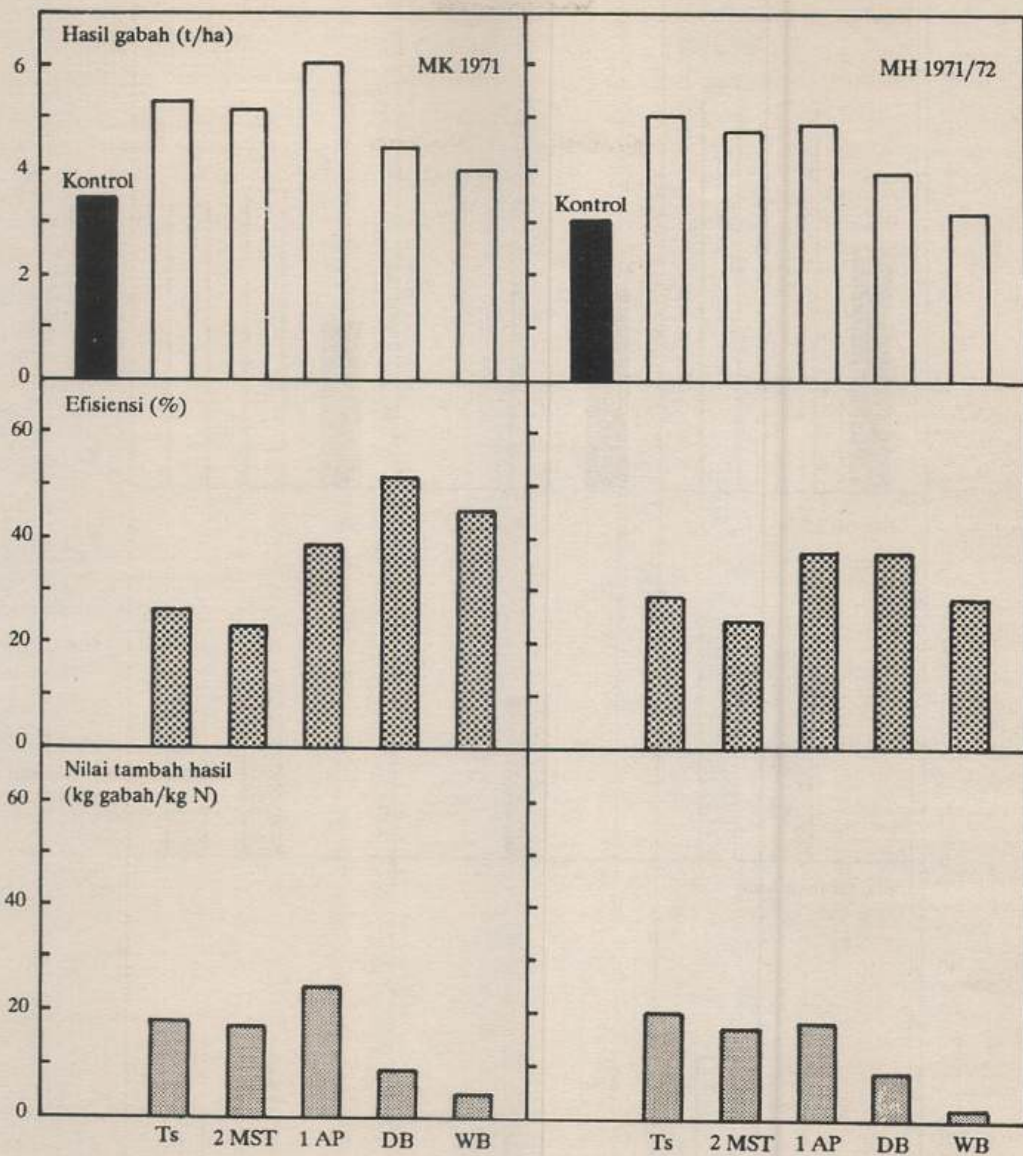
Berikut ini disajikan beberapa hasil penelitian pemupukan padi dari berbagai aspek, antara lain waktu pemberian pupuk, cara penempatan pupuk, jenis pupuk nitrogen, dan takaran pupuk (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 16).

Waktu Pemberian

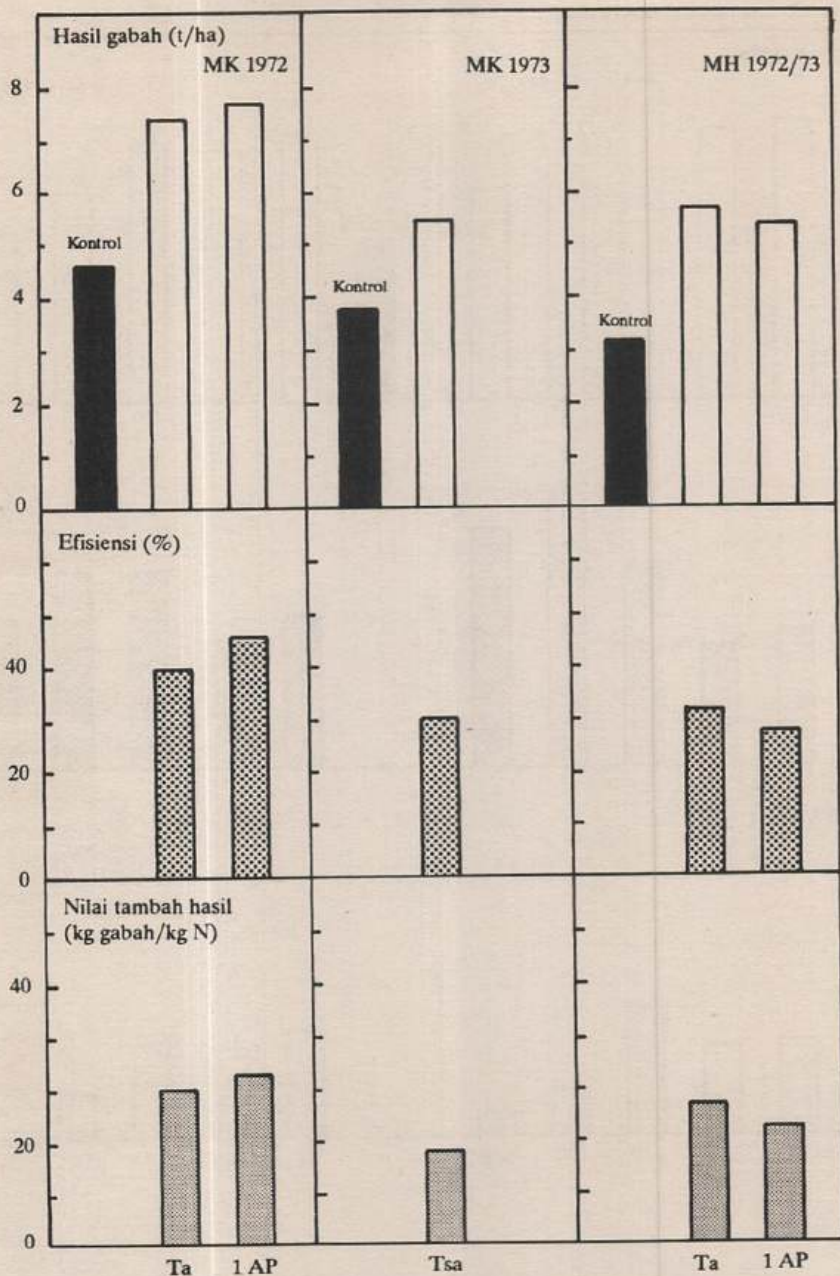
Pada umumnya pupuk nitrogen diberikan melalui tanah pada berbagai stadia pertumbuhan dari tanaman padi, biasanya dimulai pada waktu tanam dan disusul pada waktu pertumbuhan lebih lanjut sampai pada stadia awal primordia dan bahkan sampai pada stadium daun bendera. Waktu-waktu pemberian pupuk nitrogen yang pernah diuji dengan memakai pupuk bertanda ^{15}N ialah pada waktu tanam (T), dua minggu setelah tanam (2 MST), tiga minggu setelah tanam (3 MST), waktu pertengahan antara tiga minggu setelah tanam dan awal primordia (MP), satu minggu sebelum awal primordia (1AP), awal primordia (AP), stadium daun bendera (DB), dan waktu berbunga (WB).

Takaran pupuk nitrogen yang dipakai ialah 100 kg N/ha sebagai takaran tunggal berupa pupuk urea dan pupuk ZA yang diberikan secara sebar di permukaan tanah pada waktu tanam, dan *topdressing* pada waktu pertumbuhan lebih lanjut. Percobaan dilakukan di Tanah mineral Latosol, Muara, Bogor, dan di tanah bergambut pasang surut di Delta Upang Sumatera Selatan. Pupuk TSP dan ZK diberikan sebagai pupuk dasar dengan takaran 60 kg P_2O_5 /ha dan 30 kg K_2O /ha untuk tanah mineral; 60 kg P/ha dan 30 kg K/ha di tanah bergambut.

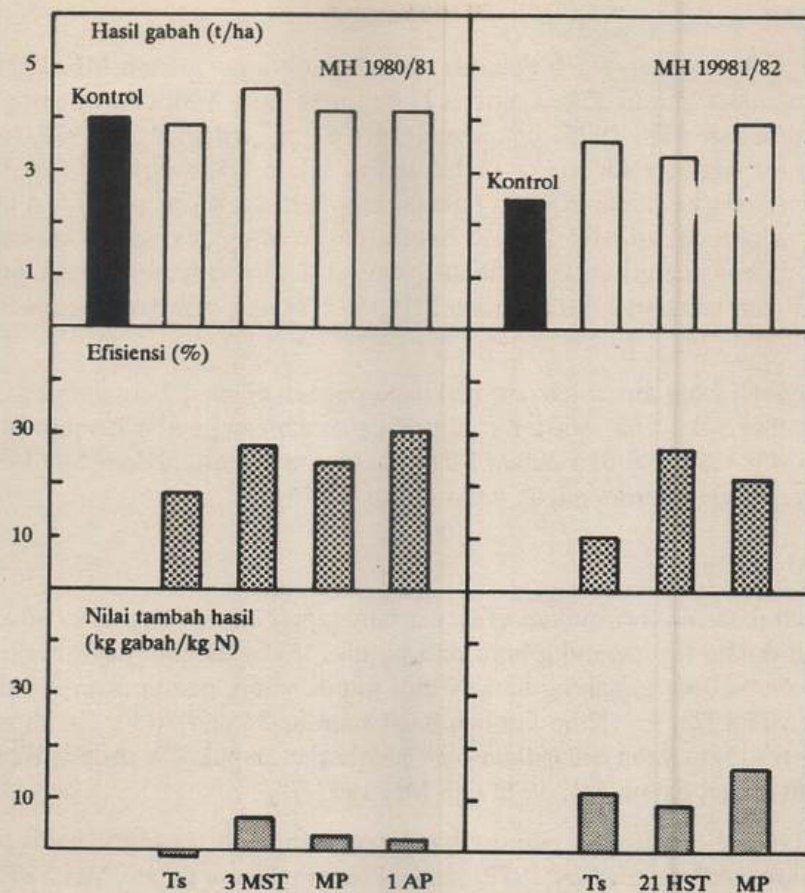
Gambar 1 dan 2 menyajikan hasil gabah, nilai tambah hasil kg gabah/kg hara N, dan efisiensi penggunaan N yang berasal dari pupuk di tanah mineral. Hasil percobaan di tanah pasang surut disajikan pada gambar 3.



Gambar 1. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kgN), keefisienan penggunaan N-pupuk (%), ZA takaran 100 kg N/ha, oleh varietas PB5 di tanah Latosol Muara, Bogor (atas: MK 1971; bawah: MH 1971/72)



Gambar 2. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kgN), keefisienan penggunaan N-pupuk (%), urea takaran 100 kg N/ha, oleh varietas Pelita di tanah Latosol Muara, Bogor (MK 1972; MH 1972/73; MK 1973).



Gambar 3. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kgN), keefisienan penggunaan N-pupuk (%), urea takaran 100 kg N/ha, oleh varietas IR32 di tanah bergambut pasang surut Delta Upang, Sumatera Selatan (MH 1980/81; MH 1981/82).

Hasil Gabah

Hasil gabah mencapai 4-6 t/ha dan 3-5 t/ha untuk percobaan MK 1971 dan MH 1971/72 memakai pupuk ZA (Gambar 1) dan mencapai 8 t/ha dari pemupukan urea dalam percobaan MK 1972, dan mendekati 6 t/ha dalam MH 1972/73. Dalam percobaan ini, hasil gabah ternyata lebih tinggi dalam MK daripada hasil dalam MH. Hasil tertinggi 6 t/ha dalam MK 1971 dihasilkan oleh pemberian pupuk ZA pada waktu 1 AP dan 5 t/ha dalam MH 1971/72 untuk pupuk ZA pada waktu tanam. Sedang pemupukan urea menghasilkan gabah tertinggi 8 t/ha dari pemberian pupuk pada waktu 1AP dan mencapai 6 t/ha dalam MH 1972/73 dari pemberian pupuk urea pada waktu 1AP.

Hasil gabah yang diperoleh dari kedua percobaan di tanah bergambut pasang surut berkisar antara 3-4,5 t/ha. Hasil tertinggi dicapai dengan pemberian pupuk urea pada waktu 3 SMT, yaitu 4,6 t/ha dalam MH 1980/81 dan 3,7 t/ha dalam MH 1981/82 yang dihasilkan oleh pemberian pupuk pada waktu MP.

Nilai Tambah Hasil

Nilai tambah mencerminkan efisiensi tanggapan dari pemupukan nitrogen yang dinyatakan dalam kg gabah/kg hara dari pupuk. Nilai tambah hasil berkisar antara 4-24 kg dan 1-20 kg gabah/kg hara N dari pupuk untuk pemupukan ZA dalam MK 1971 dan MH 1971/72. Nilai tambah hasil sebesar 24 dan 20 kg gabah merupakan nilai yang tertinggi yang dihasilkan oleh pemberian pupuk ZA pada waktu 1AP dan pada waktu tanam dalam MK 1972 dan MH 1971/72.

Nilai tambah hasil dari pemupukan urea mencapai tertinggi pada pemberian pupuk waktu 1AP dalam MK 1972 dan waktu yang sama dalam MH 1972/73 yaitu masing-masing 32 dan 27 kg gabah/kg hara N pupuk. Nilai tambah yang lebih tinggi dihasilkan dalam musim kemarau daripada musim hujan untuk kedua jenis pupuk ZA dan urea. Hal ini mungkin antara lain disebabkan oleh radiasi sinar matahari yang lebih intensif dalam musim kemarau sehingga proses fotosintesis berlangsung lebih baik.

Nilai tambah hasil yang diperoleh dari percobaan di tanah bergambut pasang surut menunjukkan angka yang relatif lebih rendah daripada nilai tambah hasil di tanah mineral, dengan angka tertinggi sekitar 15 kg gabah/kg hara N pupuk.

Efisiensi Penggunaan N dari Pupuk

Angka efisiensi penggunaan N yang berasal dari pupuk ZA berkisar antara 23-15% dalam MK 1971 dan 24-37% dalam MH 1971/72. Angka efisiensi tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk pada stadium daun bendera, yaitu mencapai 51% dalam MK 1971 dan pada waktu 1AP dan stadium DB dalam MH 1971/72 yang masing-masing mencapai 37%. Penemuan ini sejalan dengan hasil penelitian pot

memakai empat macam tipe tanah yang dilaporkan oleh IAEA (16). Dapat ditambahkan bahwa pemberian pupuk ZA pada stadia pertumbuhan tanaman padi yang lebih dini, kurang efisien. Tampaknya penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pupuk ZA dengan takaran tunggal sebaiknya dilakukan pada waktu 1AP di musim kemarau dan pada waktu 1AP atau stadium DB di musim hujan.

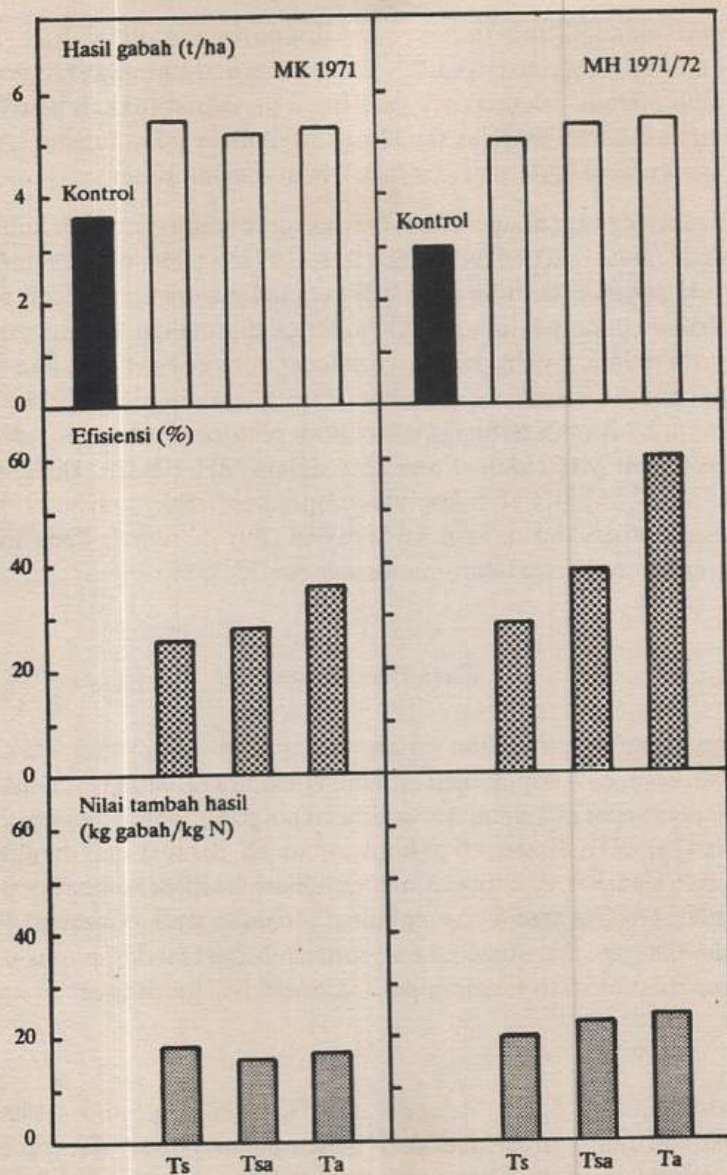
Angka efisiensi penggunaan N dari pupuk urea yang tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk pada waktu 1AP dalam MK 1972, yaitu 46% sedang dalam MH 1972/73 28% bila pupuk diberikan pada waktu tanam dalam alur. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa pemupukan urea lebih efisien digunakan tanaman dalam musim kemarau daripada dalam musim hujan. Efisiensi penggunaan N dari pupuk urea di tanah bergambut pasang surut berkisar antara 18-30% dalam MH 1980/81 dan 10-26% dalam MH 1981/82. Angka tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk pada waktu 1AP, yaitu 30% dalam MH 1980/81 dan 26% dalam MH 1981/82 dengan pemberian pupuk pada 21 HST. Angka efisiensi yang diperoleh tidak konsisten dari tahun ke tahun. Percobaan lain yang dilakukan Sisworo (29) di rumah kaca menghasilkan efisiensi penggunaan N-berasal dari pupuk sebesar 25,35%.

Cara Pemberian

Penempatan pupuk merupakan salah satu faktor yang menentukan efisiensi penggunaan N-berasal dari pupuk oleh tanaman maupun terhadap efisiensi tanggapan. Beberapa cara penempatan pupuk yang diberikan pada waktu tanam yang dipakai dalam percobaan ini ialah disebar di permukaan tanah, disebar dan diaduk, dan dalam alur atau larikan. Gambar 1, 2, dan 3 menunjukkan hasil penempatan pupuk secara *topdressing* pada berbagai stadia pertumbuhan tanaman padi. Gambar 4 menyajikan hasil gabah, nilai tambah, dan efisiensi penggunaan N berasal dari pupuk oleh tanaman padi. Percobaan dilakukan di tanah mineral Latosol Muara, Bogor.

Hasil Gabah

Hasil gabah mencapai 5,2-5,4 t/ha dalam MK 1971 dan 5,0-5,4 t/ha dalam MH 1971/72. Hasil tertinggi diperoleh dari penempatan pupuk ZA secara sebar di permukaan tanah dalam musim kemarau, dan penempatan pupuk dalam alur dalam musim hujan. Secara statistik, tidak terlihat perbedaan hasil yang nyata akibat pengaruh cara pemberian pupuk tetapi perbedaan hasil dengan tanaman kontrol sangat nyata. Hasil tanaman kontrol berturut-turut adalah 3,6 dan 3,0 t/ha dalam MK 1971 dan MH 1971/72.



Gambar 4. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kgN), keefisienan penggunaan N-pupuk (%), ZA takaran 100 kg N/ha, oleh varietas PB5 di tanah Latosol Muara, Bogor (MK 1971; MH 1971/72).

Nilai Tambah Hasil

Nilai tambah hasil mencapai 16-18 kg dan 20-24 kg gabah/kg hara N pupuk dalam MK 1971 dan MH 1971/72. Nilai tambah tertinggi dalam MK 1971 mencapai 18 kg gabah/kg hara N pupuk, dihasilkan oleh penempatan pupuk ZA secara sebar di permukaan tanah; sedang dalam MH 1971/72, nilai tambah tertinggi dihasilkan oleh penempatan pupuk ZA dalam alur, yaitu 24 kg gabah.

Efisiensi Penggunaan N dari Pupuk

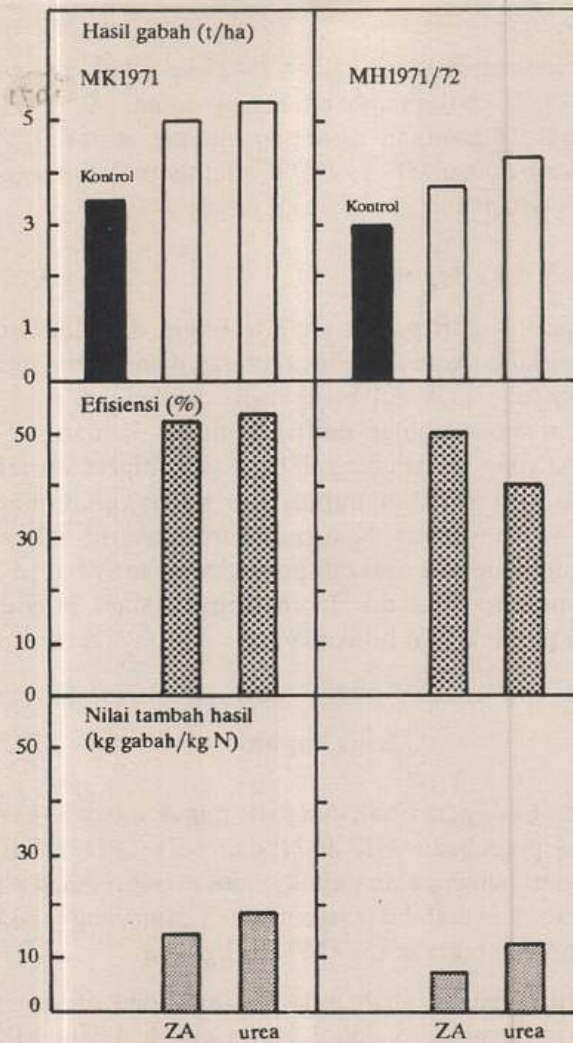
Efisiensi penggunaan N dari pupuk yang tertinggi dihasilkan oleh penempatan pupuk ZA dalam alur dalam kedua musim kemarau dan musim hujan, berturut-turut 36 dan 60%. Tampaknya, pupuk ZA menghasilkan efisiensi penggunaan N pupuk yang lebih besar dalam musim hujan daripada musim kemarau. Hasil percobaan menunjukkan fenomena yang sejalan dengan hasil yang diperoleh dalam percobaan di Hungaria (16), yaitu penempatan pupuk ZA pada kedalaman 5 dan 10 cm menghasilkan efisiensi penggunaan N pupuk berturut-turut sebesar 47 dan 40%. Efisiensi pemberian pupuk secara sebar di permukaan tanah hanya 30%. Meskipun angka efisiensi dalam percobaan ini lebih tinggi dalam musim hujan, namun pelaksanaannya dalam praktek sulit dilakukan.

Jenis Pupuk

Berikut ini disajikan hasil penelitian dua jenis pupuk nitrogen bertanda ^{15}N , yaitu ZA dan urea. Dalam percobaan MK 1971 dan MH 1971/72 dipakai perlakuan kombinasi pemberian dan penempatan pupuk, yaitu melalui tanah pada waktu tanam dan disusul dengan pemberian melalui penyemprotan daun yang dilakukan pada waktu stadia DB dan WB memakai takaran (50+25+25) kgN/ha.

Gambar 5 menyajikan hasil gabah, nilai tambah, dan efisiensi penggunaan N pupuk. Pupuk ZA menghasilkan 5 dan 3,7 t/ha gabah dalam MK 1971 dan MH 1971/72, sedang urea menghasilkan 5,4 dan 4,3 t/ha gabah dalam MK 1971 dan MH 1971/72.

Nilai tambah hasil mencapai 15 kg gabah/kg hara N dari pupuk ZA dalam musim kemarau dan 7 kg gabah dalam musim hujan, sedang urea menghasilkan nilai tambah sebesar 18 dan 13 kg gabah dalam musim kemarau dan musim hujan untuk tiap 1 kg hara N pupuk.



Gambar 5. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kgN), keefisienan penggunaan N-pupuk (%), urea dan ZA takaran (50 + 25 + 25) kg N/ha, oleh varietas PB5 di tanah Latosol Muara, Bogor (MK 1971; MH 1971/72).

Pupuk yang diberikan pada waktu tanam tidak bertanda ^{15}N , sehingga efisiensinya tidak dihitung. Efisiensi penggunaan N pupuk yang disemprotkan mencapai 53 dan 51% untuk ZA dan 54 dan 41% untuk urea, berturut-turut dalam musim kemarau dan musim hujan. Tampaknya penyemprotan pupuk ZA lebih efisien dalam musim hujan, sebaliknya penyemprotan urea lebih efisien dalam musim kemarau.

Takaran Pupuk

Takaran tunggal sekaligus sudah diuraikan di muka. Takaran pupuk nitrogen secara terpisah, dua kali atau lebih dilakukan di persawahan mineral dan tanah bergambut pasang surut. Pemakaian pupuk TSP dan ZK sebagai pupuk dasar sama seperti diuraikan di muka.

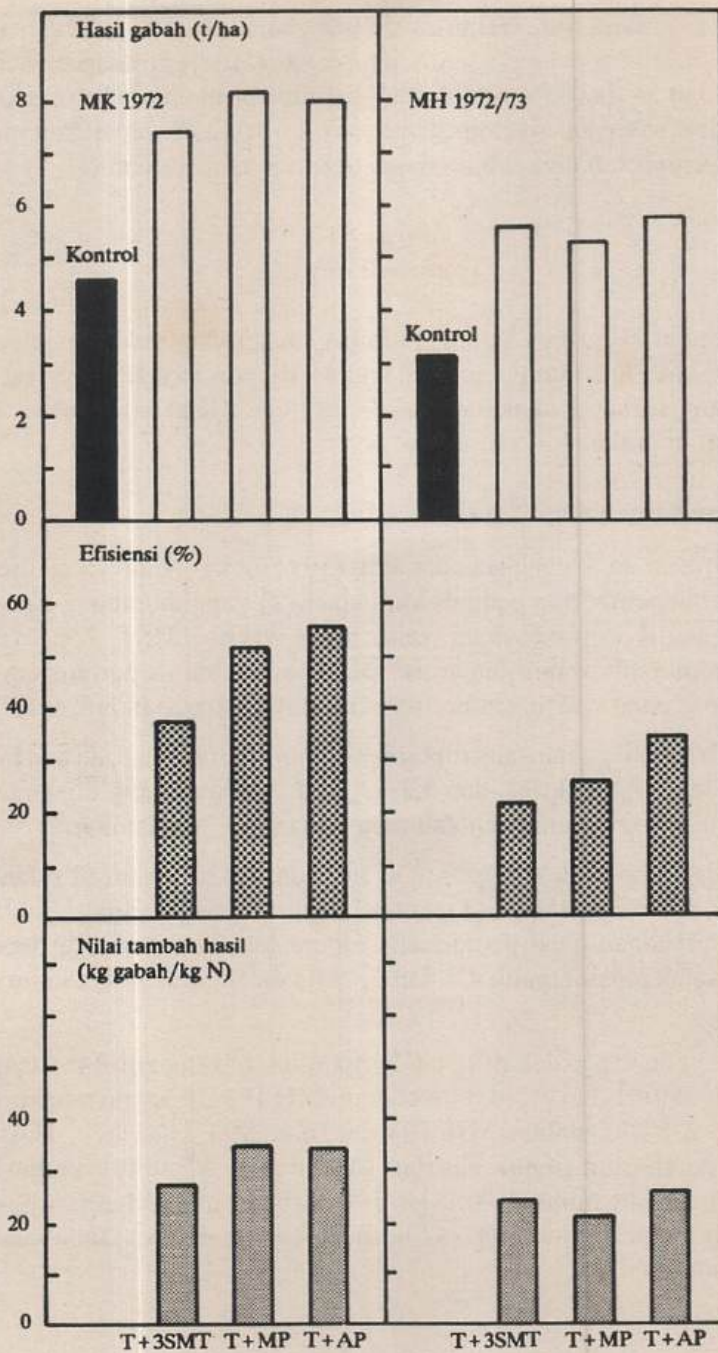
Takaran Terpisah-dua yang Sama

Takaran terpisah dua yang sama yaitu (50+50) kg N/ha yang dicoba dalam percobaan ini ialah pemberian pada waktu tanam (T) yang di gabung dengan susulan pada berbagai stadia pertumbuhan, yaitu pada waktu 3MST, MP, AP, dan DB. Penempatan pupuk pada waktu tanam adalah secara sebar di permukaan tanah, dan secara *topdressing* pada waktu pemberian berikutnya sebagai pupuk susulan.

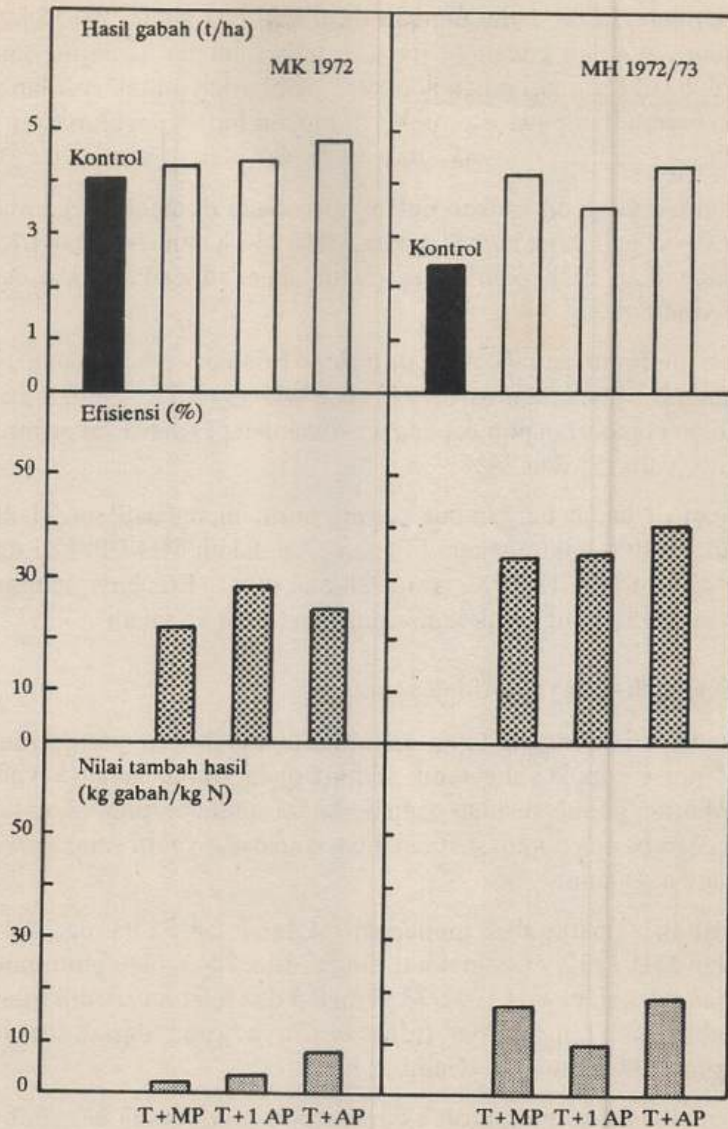
Hasil Gabah. Hasil gabah yang diperoleh dalam musim kemarau dan musim hujan berturut-turut adalah 7,5-8,2 t/ha, dan 5,3-5,7 t/ha. Varietas yang dipakai ialah pelita I-1, sedang pupuk yang digunakan ialah urea bertanda ^{15}N (Gambar 6).

Hasil tertinggi diperoleh dari pemupukan pada waktu tanam (T) dan MP untuk musim kemarau, dan waktu tanam (T) dan AP dalam musim hujan, yang mencapai 8,2 dan 5,7 t/ha. Perbedaan hasil pemupukan ini sangat nyata terhadap hasil tanaman kontrol dalam kedua musim, yaitu 4,7 dan 3,1 t/ha dalam musim kemarau dan musim hujan.

Hasil gabah yang diperoleh di tanah bergambut pasang surut mencapai 4,2-4,8 t/ha dalam MH 1980/81 dan 3,5-4,3 t/ha dalam MH 1981/82. Hasil tanaman kontrol adalah 4,0 dan 2,4 t/ha dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82. Hasil tertinggi diperoleh dari pemberian pupuk susulan pada waktu AP untuk kedua musim, di mana hasil dari musim hujan 1980/81 tidak berbeda nyata dengan hasil kontrol, sebaliknya hasil musim hujan 1981/82 berbeda sangat nyata. Data hasil gabah ini terlihat pada Gambar 7.



Gambar 6. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kg N), keefisienan penggunaan N-pupuk (%) urea takaran (50+50) kg N oleh varietas Pelita di tanah Latosol Muara, Bogor (MK 1972; MH 1972/73).



Gambar 7. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kg N), keefisienan penggunaan N-pupuk (%) urea takaran (50+50) kg N oleh varietas IR32 di tanah bergambut Delta Upang, Sumatera Selatan (MH 1980/81; MH 1981/82).

Nilai Tambah Hasil. Nilai tambah hasil berkisar antara 28-35 kg gabah/kg hara N-pupuk, dan 21-26 kg gabah/kg hara N dalam musim kemarau dan musim hujan. Nilai tambah hasil tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk susulan pada waktu MP di musim kemarau dan pada waktu AP di musim hujan, yaitu masing-masing 35 dan 26 kg gabah.

Nilai tambah yang dihasilkan dalam percobaan di tanah bergambut pasang surut 2-8 kg, dan 10-12 gabah/kg hara N dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82. Nilai tambah tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk susulan pada waktu AP untuk kedua percobaan (Gambar 7).

Efisiensi penggunaan N dari pupuk. Efisiensi penggunaan N pupuk sekitar 37-55%, dan 22-34% dalam MK 1972 dan MH 1972/73. Angka efisiensi tertinggi dihasilkan oleh pemberian pupuk pada waktu tanam (T) dan awal primordia (AP) untuk kedua musim, yaitu 55 dan 34%.

Percobaan di tanah bergambut pasang surut menghasilkan 21-28% dalam MH 1980/81 dan 34-40% dalam tanam (T) dan 1AP dalam MH 1980/81 dan waktu tanam (T) dan AP dalam MH 1981/82, yaitu 28 dan 40%. Efisiensi penggunaan N pupuk menunjukkan angka yang tidak konsisten dari tahun ke tahun.

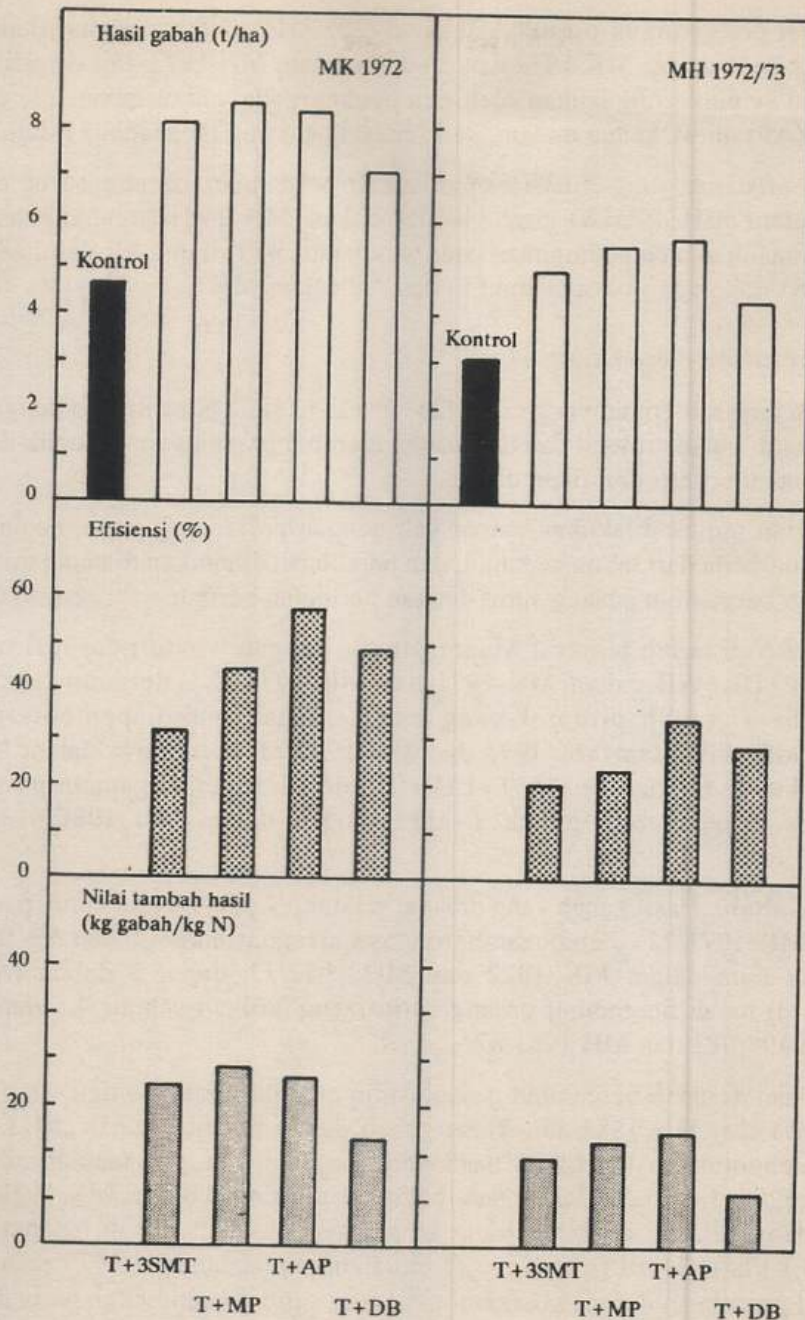
Takaran Terpisah-dua yang tidak sama

Percobaan ini menggunakan takaran terpisah-dua yang tidak sama, yaitu pemberian porsi pupuk yang lebih sedikit pada waktu tanam, yaitu 25 kg N/ha, sedang pemberian pupuk susulan pada berbagai stadia pertumbuhan lebih tinggi yaitu 75 kg N/ha. Pemberian pupuk susulan diberikan pada waktu yang sama seperti takaran terpisah-dua yang sama.

Hasil gabah. Hasil gabah mencapai sekitar 7,1-8,5 t/ha, dan 4,4-5,6 t/ha dalam MK 1972 dan MH 1972/73. Angka tertinggi dihasilkan oleh pemupukan pada waktu tanam (T) dan AP dalam MH 1972/73 yaitu 8,5 dan 5,6 t/ha. Pemberian pupuk susulan setelah waktu AP tampaknya tidak berdaya guna dan berhasil guna untuk meningkatkan produksi gabah (Gambar 8).

Hasil percobaan yang diperoleh dari percobaan di tanah bergambut pasang surut mencapai 3,9-4,8 t/ha dalam MH 1980/81, dan antara 3,6-4,1 t/ha dalam MH 1981/82. Hasil tertinggi diperoleh dari pemupukan pada waktu tanam (T) dan MP dalam kedua percobaan.

Nilai tambah hasil. Nilai tambah hasil mencapai 23-38 kg gabah/kg hara N dalam MH 1980/81 dan sekitar 11-16 kg gabah/kg hara N dalam MH 1981/82. Nilai tambah tertinggi dihasilkan oleh pemupukan pada waktu tanam (T) dan AP dalam MH 1980/81 yaitu 8 kg gabah, dan pada waktu yang sama MH 1981/82, yaitu 16 kg gabah/kg hara N.



Gambar 8. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kg N), keefisienan penggunaan N-pupuk (%) urea takaran (25-75) kg N oleh varietas Pelita di tanah Latosol Muara, Bogor (MK 1972; MH 1972/73).

Efisiensi penggunaan pupuk. Takaran (25+75) kg N/ha menghasilkan efisiensi antara 32-38% dalam MK 1972 dan 20-35% dalam MH 1972/73. Angka efisiensi penggunaan N pupuk dihasilkan oleh pemupukan pada waktu tanam (T) dan awal primordia (AP) untuk kedua musim, yaitu masing-masing mencapai 38 dan 35%.

Angka efisiensi yang dihasilkan di tanah bergambut pasang surut mencapai 21-28% dalam MH 1980/81 dan 34-40% dalam MH 1981/82. Angka efisiensi tertinggi dihasilkan oleh pemupukan pada waktu tanam (T) dan 1 AP, yaitu 28% dalam MH 1980/81 dan pada waktu tanam (T) dan AP dalam MH 1981/82, yaitu 40%

Takaran Terpisah-empat yang Sama

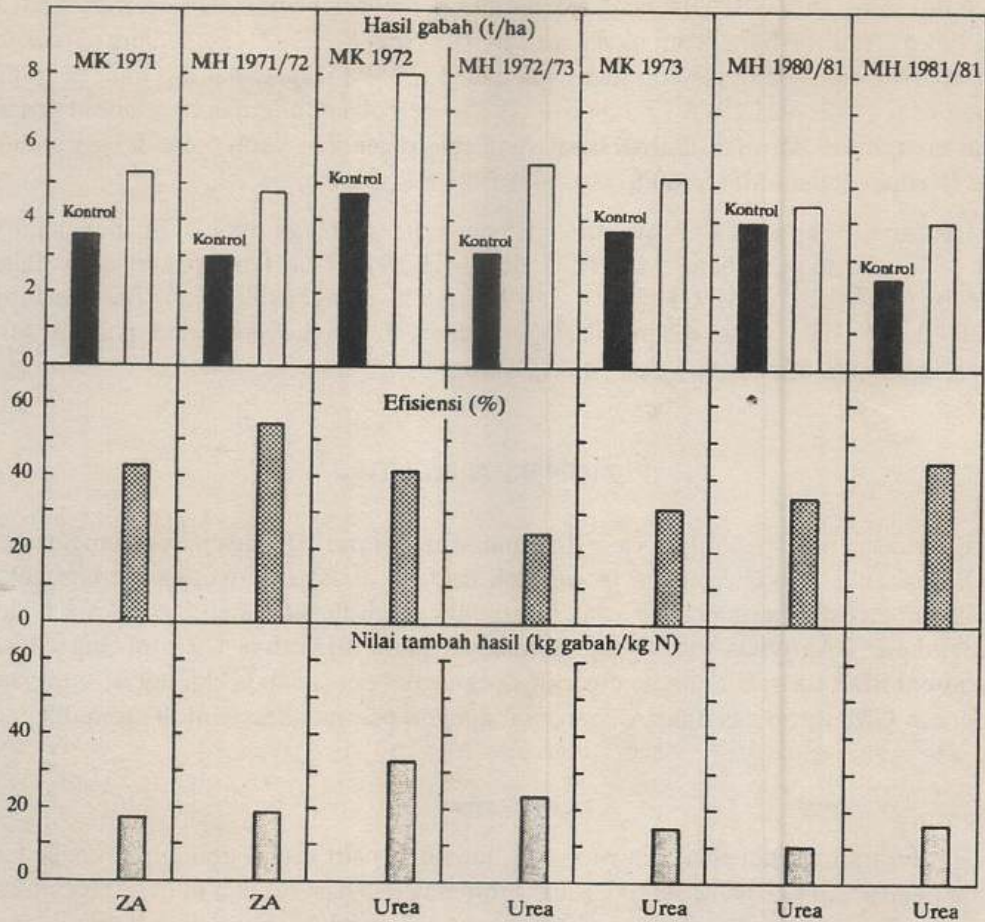
Takaran terpisah-empat yang sama (25+25+25+25) kg N/ha dicoba dengan pupuk ZA dan urea di tanah mineral dan di tanah bergambut pasang surut. Pupuk dasar TSP dan ZK dipakai seperti diuraikan di muka.

Pemberian pupuk dilakukan empat kali dengan porsi yang sama, dengan waktu yang berbeda-beda dari tahun ke tahun, dan percobaan dilakukan di tanah mineral dan di tanah bergambut pasang surut dengan perincian berikut.

Pupuk ZA di tanah mineral Muara, Bogor dengan waktu pemberian pupuk 2MSP+1AP+DB+WB dalam MK 1971 dan MH 1971/72. Berikutnya memakai pupuk urea di tanah mineral yang sama dengan waktu pemberian pupuk T+3MST+MP+AP dalam MK 1972 dan MH 1972/73, berikutnya dalam MK 1973 dengan waktu pemberian T+3MST+1AP+DB, dan di tanah bergambut pasang surut dengan waktu pemberian pupuk T+MP+AP+DB dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82.

Hasil Gabah. Hasil gabah yang dicapai sekitar 5,2 dan 4,8 t/ha untuk pemupukan ZA dalam MK 1971/72. Percobaan berikutnya menghasilkan 8,0 dan 5,5 t/ha untuk pemupukan urea dalam MK 1972 dan MH 1972/73, dan 5,2 dalam MK 1973. Percobaan di tanah bergambut pasang surut menghasilkan sekitar 4,5 dan 4,0 t/ha dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82.

Percobaan di tanah bergambut pasang surut menghasilkan 4,5 dan 4,8 t/ha dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82. Hasil gabah dalam percobaan MK 1971 dan MH 1971/72 menunjukkan kelebihan hasil yang sangat nyata terhadap hasil tanaman kontrol (3,6 dan 3,0 t/ha). Begitu pula halnya dengan hasil dalam MK 1972 dan MH 1972/73 menunjukkan kelebihan yang sangat nyata terhadap hasil tanaman kontrol (4,7 dan 3,1 t/ha). Hasil tanaman kontrol dalam percobaan MK 1973 mencapai 3,7 t/ha. Hasil percobaan di tanah bergambut pasang surut menunjukkan perbedaan yang tidak nyata terhadap hasil tanaman kontrol dalam MH 1980/81, tetapi berbeda sangat nyata dalam percobaan MH 1981/82. Hasil tanaman pasang surut adalah 4,0 dan 2,4 t/ha (Gambar 9).



Gambar 9. Hasil gabah (kg/ha), nilai tambah hasil (kg gabah/kg N), keefisienan penggunaan N-pupuk (%) urea dan ZA takaran terpisah-empat (25+25+25+25) kg N/ha oleh varietas PB5 dan Pelita di tanah latosol Muara, Bogor (MK 1971; MH 1971/72; MK 1972; MH 1972/73; MK 1973) varietas IR32 di tanah bergambut pasang surut Delta Upang, Sumatera Selatan (MH 1980/81; MH 1981/81).

Nilai tambah hasil. Nilai tambah hasil dari percobaan pemupukan ZA mencapai 17 dan 18 kg gabah/kg hara N pupuk dalam MK 1971 dan MH 1971/72, sedang percobaan pemupukan urea menghasilkan nilai tambah 33, 34, 15 kg gabah/kg hara N pupuk dalam MK 1972, MH 1972/73, dan MK 1973. Percobaan di tanah bergambut pasang surut menghasilkan nilai tambah hasil yang relatif rendah, yaitu 5 dan 0 kg gabah/kg hara N-pupuk dalam MH 1980/81 dan MH 1981/82 (Gambar 9).

Efisiensi penggunaan N pupuk. Efisiensi penggunaan pupuk ZA mencapai 43 dan 53% dalam percobaan MK 1971 dan MH 1971/72. Pemupukan urea dalam percobaan MK 1972, MH 1972/73, dan MK 1973 menghasilkan efisiensi berturut-turut 42, 25, dan 32%, sedang dari percobaan di tanah bergambut pasang surut diperoleh angka efisiensi 35 dan 34% (Gambar 9).

PEMUPUKAN FOSFOR

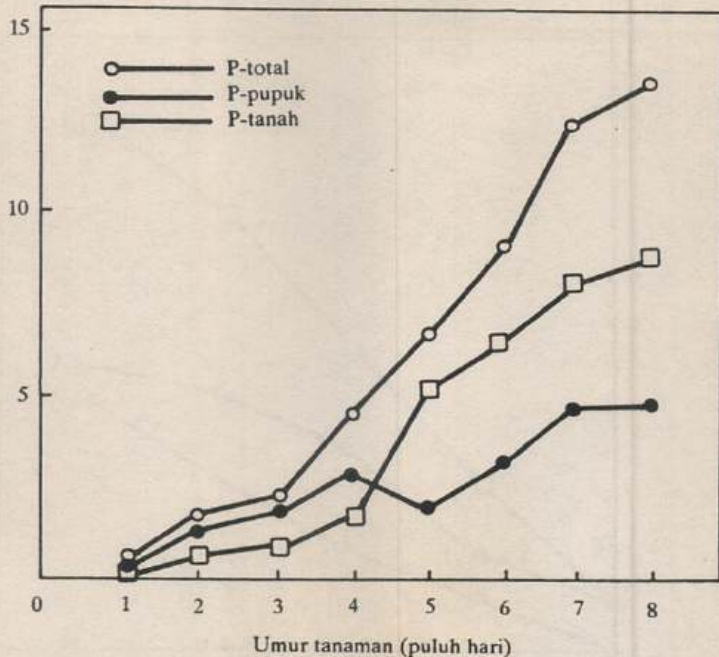
Ringkasan hasil penelitian yang dikemukakan didasarkan pada percobaan pot yang dilaksanakan di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi di Jakarta dengan menggunakan pupuk superfosfat bertanda ^{32}P yang di produksi oleh Pusat Penelitian Teknik Nuklir di Bandung. Aktivitas jenis yang digunakan pada umumnya 0,25 m Ci/gr P_2O_5 . Keradioaktifan contoh tanaman dicacah dengan alat pencacah GM jendela ujung atau pencacah GM aliran gas buatan *Tracerlab* dengan pemindahan contoh otomatis.

Penyerapan P

Berdasarkan penelitian Sisworo (24), tanaman padi mulai menyerap unsur hara fosfat pada umur 8-10 hari setelah sebar bibit atau 3-5 hari setelah bibit berkecambah. Pada awal pertumbuhan hingga 40 hari setelah pindah bibit, padi lebih banyak menyerap P yang berasal dari pupuk. Setelah itu tanaman padi mendapatkan sebagian besar P yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya dari tanah (Gambar 10). Hal ini diduga karena P-pupuk yang larut menjadi kurang larut sehingga kurang tersedia bagi tanaman. Menurut Nishigaki *et al.* (21) dan Maung Mya Thaug (19) pupuk merupakan penyedia utama kebutuhan P tanaman padi sampai 56 hingga 60 hari setelah pindah bibit. Perbedaan antara Sisworo (24) dengan Nishigaki *et al.* (21) dan Maung Mya Thaug (19) diduga karena perbedaan kecepatan dan kapasitas fiksasi dari tanah yang digunakan dalam percobaan terhadap unsur P.

Tanggapan tanaman padi yang ditumbuhkan pada berbagai jenis tanah yang berasal dari Jawa Barat terhadap pemupukan P sangat beragam. Menurut Sisworo dan Soeminto (28) pada tanah yang sangat miskin unsur P, pemupukan 39 kg P (90 kg P_2O_5)/ha menghasilkan kandungan P tanaman yang berasal dari pupuk berkisar antara 52-84%. Namun demikian, sampai 45 hari setelah pindah bibit, banyaknya P-pupuk yang diserap tanaman sangat rendah, yaitu 1-9,9% jumlah P yang diberikan. Hal

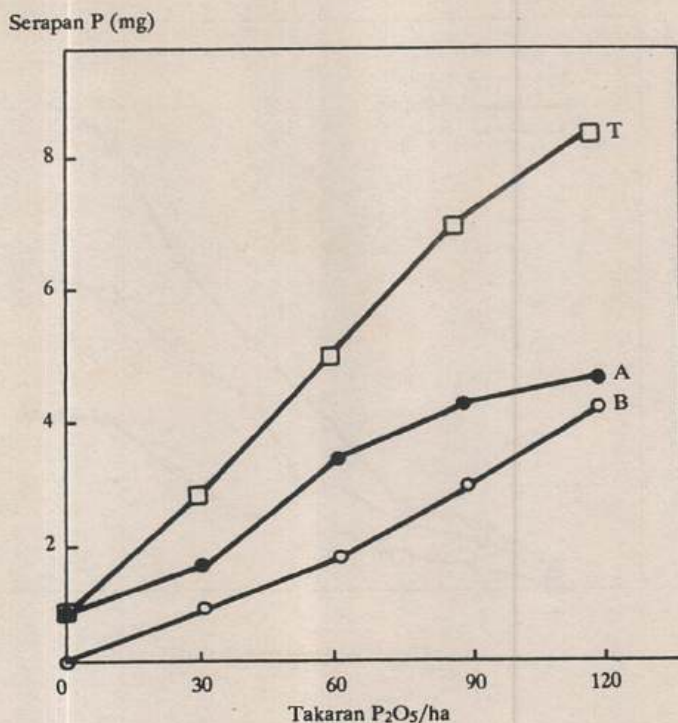
Gambar 10. Serapan P (mg)



Gambar 10. Serapan P (P-pupuk; P-tanah; dan P-total) oleh tanaman padi setelah pindah bibit.

serupa juga ditemukan oleh Data (13) dalam penelitiannya dengan menggunakan berbagai jenis tanah. Efisiensi pemupukan fosfat yang didapat berkisar dari 1,9-9,05 dan 2,3-19,5% berturut-turut untuk padi genjah dan padi dalam.

Takaran P yang makin meningkat sampai 50 kg P (120 kg P_2O_5)/ha meningkatkan jumlah P-pupuk yang diserap tanaman. Selain itu jumlah P-tanah yang diserap tanaman padi juga meningkat (25). Peningkatan serapan P oleh tanaman padi selain karena meningkatnya P tersedia diduga juga disebabkan oleh adanya tanggapan fisiologik (15) yang diakibatkan oleh pemupukan, yaitu perbaikan pertumbuhan bagian atas tanaman dan sistem perakarannya. Tanggapan fisiologik mengakibatkan volume tanah serta luas permukaan tanah yang dapat dijelajahi akar tanaman lebih besar sehingga kesempatan akar juga bertambah besar untuk dapat menjumpai ion-fosfat yang bersifat tidak mobil di dalam tanah. Oleh karena itu P-tanah yang diserap tanaman juga meningkat akibat meningkatnya takaran pemupukan P (Gambar 11).

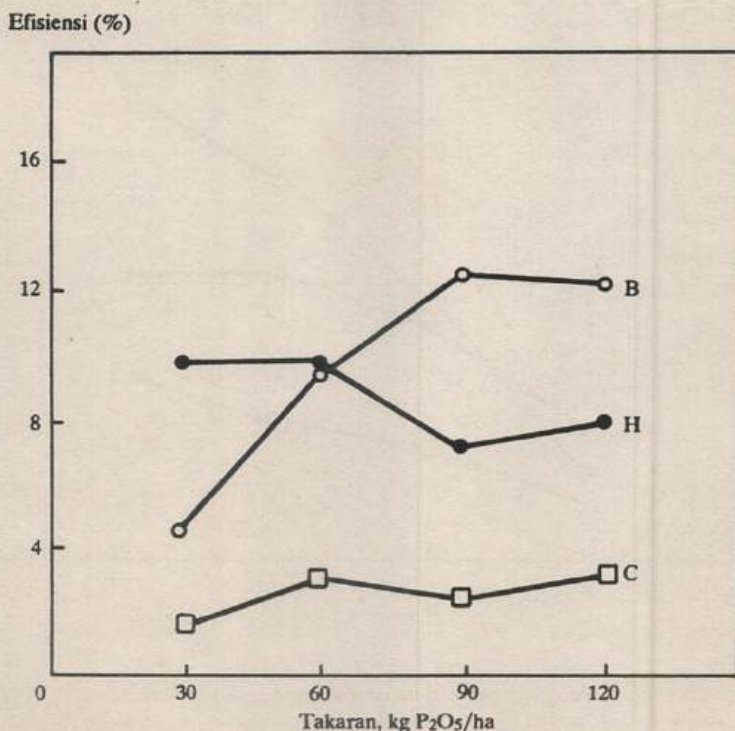


Gambar 11. Pengaruh takaran pemupukan terhadap serapan P-pupuk (B); P-tanah (A); dan P-total (T).

Cara Pemberian

Pada umumnya tanaman hanya dapat menggunakan sebagian kecil dari pupuk fosfat yang diberikan. Tanaman padi hanya mampu menyerap kurang dari 10% dari jumlah pupuk yang diberikan (13, 28). Rendahnya P-pupuk yang dapat ditemukan kembali dalam tanaman disebabkan karena di dalam tanah ion fosfat secara cepat membentuk berbagai senyawa yang relatif tidak larut, sehingga kurang tersedia bagi tanaman (9, 34). Penempatan pupuk merupakan usaha untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P, karena diduga dapat mengurangi kecepatan reaksi P-pupuk dengan zarah tanah sehingga jumlah pupuk yang tetap tersedia untuk tanaman dalam satuan waktu meningkat. Di samping itu, penempatan pupuk yang tepat pada lintasan pertumbuhan akar, dapat memberikan peluang yang lebih besar kepada tanaman untuk memanfaatkan sebelum ia berubah menjadi bentuk yang relatif kurang tersedia. Berdasarkan hasil percobaan Sisworo *et al.* (26) efisiensi pemupukan dipengaruhi

secara nyata oleh cara penempatan pupuk. Pada takaran rendah, yaitu 13-26 kg P atau setara dengan 30-60 kg P_2O_5 /ha, cara penempatan terpusat di kedalaman 5 cm merupakan cara yang paling baik, akan tetapi pada takaran yang lebih tinggi dari 26 kg P/ha, cara tebar di permukaan tanah yang terbaik dengan efisiensi lebih dari 12% (Gambar 12). Penempatan secara diaduk merata dengan tanah lapisan atas (5 cm) ternyata merupakan cara yang paling tidak efisien. Dalam percobaan ini digunakan padi varietas Pelita I-1 dan dipanen pada umur 60 hari setelah tanam. Hasil serupa ternyata juga dikemukakan oleh De Datta (13). Efisiensi pemupukan yang ditemukan adalah 24, 13, dan 9% berturut-turut untuk tebar di permukaan, dibenamkan sedalam 7,5 cm dan 15 cm. Murthy dan Rao (20) juga menyatakan bahwa tebar di permukaan lebih baik dibandingkan dengan yang dibenamkan sedalam 5 cm atau diaduk merata dengan tanah lapisan atas setebal 7,5 cm. Kesimpulan yang dikemukakan di atas didasarkan pada hasil percobaan singkat, yaitu 40 hingga 60 hari setelah tanam. Jika percobaan berlangsung lebih lama, hasil yang diperoleh mungkin berbeda.

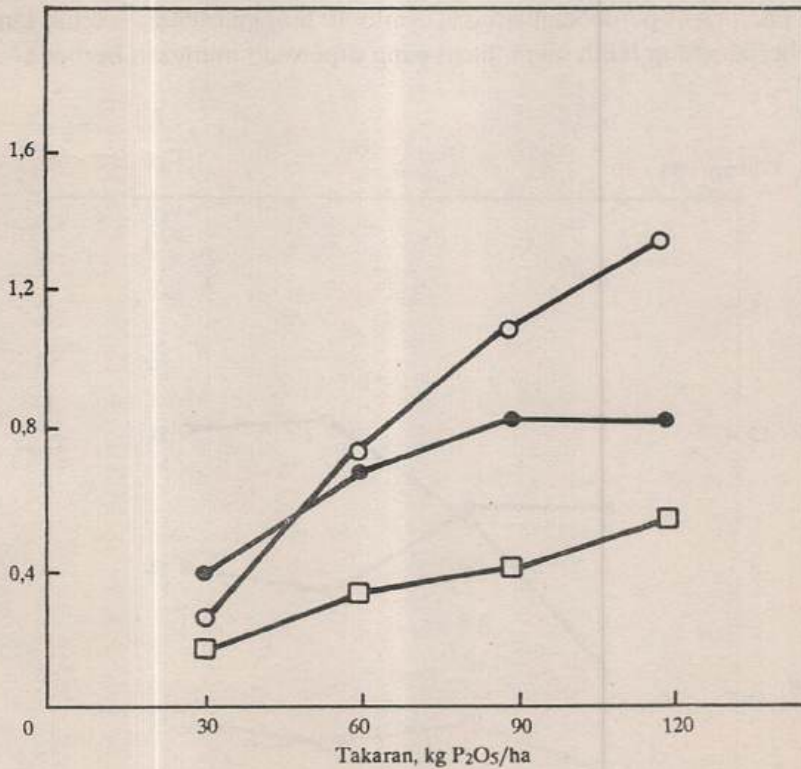


Gambar 12. Pengaruh penempatan pupuk secara tebar di permukaan tanah (B), dibenamkan (H), dan diaduk dengan tanah (C) terhadap keefisienan pemupukan.

Selain efisiensi pemupukan, kadar P tanaman padi juga dipengaruhi secara nyata oleh cara penempatan pupuk. Hal ini diperlihatkan pada Gambar 13.

Percobaan tersebut menunjukkan bahwa tanaman padi sawah akan menyerap P-pupuk lebih banyak, jika pupuk ditebar di permukaan tanah. Diduga, pada keadaan tergenang sebagian besar akar yang aktif menyerap unsur hara berada di lapisan atas yang merupakan lapisan oksidatif, karena itu dengan mudah dapat mencapai lokasi penempatan pupuk.

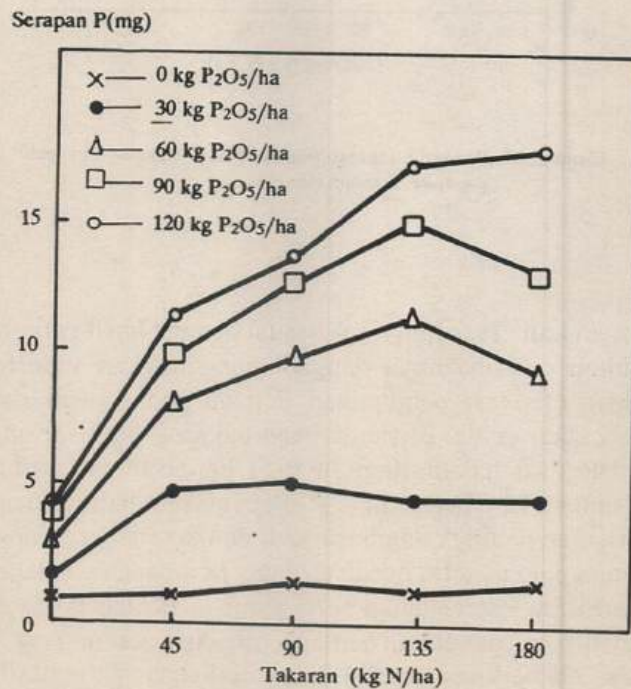
Kadar P-pupuk.
mg/g bahan kering



Gambar 13. Pengaruh penempatan pupuk secara tebar dipermukaan tanah (B), ditenamkan (H), dan diaduk dengan tanah (M) terhadap kadar P-pupuk dalam tanaman.

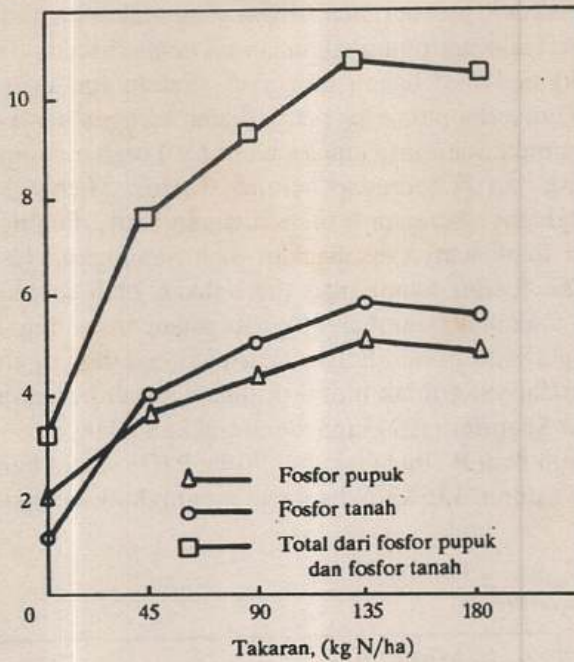
PENGARUH NITROGEN DAN TATA AIR

Pada tanah yang miskin P, pemberian nitrogen yang makin meningkat (sampai 180 kg N/ha) untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman tanpa disertai dengan pemberian P, tidak dapat menaikkan bobot bahan tanaman. Selain itu ternyata peningkatan takaran N (Gambar 14) disertai pula oleh peningkatan serapan dan kebutuhan P (27). Percobaan sebelumnya oleh Soeminto dan Sisworo (30) juga menunjukkan pengaruh yang nyata dari pemberian N terhadap serapan fosfor. Peningkatan takaran N mengakibatkan meningkatnya serapan P oleh tanaman padi. Peningkatan serapan P oleh tanaman ternyata tidak hanya disebabkan oleh meningkatnya P-tersedia yang diakibatkan pemupukan fosfat, tetapi juga disebabkan oleh meningkatnya jumlah P-tanah yang diserap tanaman (Gambar 15). Keadaan ini diduga karena, baik N maupun P dapat memperbaiki pertumbuhan akar padi, sehingga peluang akar untuk bertemu dengan ion fosfat yang tidak mobil di dalam tanah bertambah besar. Hasil percobaan Sisworo dan Soeminto (27) juga menunjukkan adanya pengaruh takaran N terhadap efisiensi pemupukan P. Pada takaran 90 kg P_2O_5 setara dengan 39 kg P/ha, peningkatan takaran N sampai 135 kg N/ha dapat meningkatkan efisiensi pemupukan



Gambar 14. Pengaruh takaran pemupukan nitrogen terhadap serapan P total

Serapan P (mg)



Gambar 15. Pengaruh takaran pemupukan N terhadap serapan P-pupuk, P-tanah dan P-total.

fosfat dua setengah kali. Hasil ini tidak sesuai dengan hasil percobaan De Datta *et al.* (12). Berdasarkan percobaannya dengan menggunakan superfosfat bertanda ^{32}P dinyatakan bahwa efisiensi pemupukan P pada padi sawah varietas indika tidak dipengaruhi oleh takaran N. Efisiensi pemupukan P berkisar antara 8-24%. Akan tetapi Maeng dan Cho dalam Ramulu (33) berdasarkan hasil percobaan dengan menggunakan superfosfat bertanda ^{32}P menyatakan bahwa pemupukan N dan K berpengaruh terhadap peningkatan hasil padi dan ketersediaan unsur hara P. Dengan demikian, di antara para peneliti masih terdapat perbedaan pendapat tentang pengaruh pemberian N terhadap ketersediaan serta serapan P oleh tanaman padi sawah. Di samping itu, hasil-hasil penelitian tentang efisiensi pemupukan P sangat beragam; menurut Ramulu (33) berkisar dari 0,4-32%. Perbedaan antar hasil penelitian tersebut diduga antara lain disebabkan oleh keragaman sifat dari tanah, varietas padi, dan iklim.

Tata air ternyata juga berpengaruh terhadap kandungan P tanaman yang berasal dari pupuk, serta efisiensi pemupukan (30). Pada kondisi ladang, efisiensi pemupukan dan persen P tanaman yang berasal dari pupuk adalah yang tertinggi, tetapi bobot bahan kering tanaman lebih rendah dari tanaman yang digenangi atau dialiri air secara terus-menerus dan yang digenangi secara berkala. Keadaan ini menunjukkan bahwa pada keadaan ladang, P-tanah kurang tersedia dibandingkan dengan pada kondisi tergenang atau disawahkan (11). Oleh karena itu, kondisi ladang menyebabkan tanaman padi menyerap P-pupuk lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh pada kondisi tergenang atau disawahkan. Akan tetapi karena kondisi ladang kurang sesuai untuk pertumbuhan padi sawah, maka tanaman padi tumbuh lebih buruk dibandingkan dengan tanaman yang tumbuh pada kondisi sawah. Hal ini mengakibatkan lebih rendahnya bahan kering yang diproduksi.

PEMUPUKAN UNSUR MIKRO SENG

Dari berbagai masalah unsur mikro yang dijumpai pada tanaman padi akhir-akhir ini, seng (Zn) mendapat perhatian yang paling besar karena dianggap sebagai salah satu faktor pembatas pertumbuhan di banyak negara penghasil padi. Sebagai pembatas pertumbuhan padi, Zn menduduki tempat ketiga setelah nitrogen dan fosfor (10). Penyebab meningkatnya kekurangan Zn pada tanaman padi akhir-akhir ini menurut Mamaril (18) antara lain ialah diperkenalkannya varietas-varietas baru yang kurang toleran terhadap Zn; pengurasan Zn dari tanah oleh varietas-varietas berproduksi tinggi; peningkatan pemakaian pupuk konsentrasi tinggi; pemakaian tanah sawah secara terus menerus dua-tiga kali tanam dalam setahun.

Di Indonesia, kegiatan penelitian tentang pengaruh unsur mikro khususnya Zn terhadap produksi padi masih sangat terbatas. Soepardi *et al.* (31) menyatakan, unsur hara Zn dapat memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman padi yang tumbuh pada tanah bergambut di daerah pasang surut, akan tetapi tidak nyata meningkatkan hasil. Selain itu juga dikemukakan bahwa pemberian Zn dapat meningkatkan hasil padi pada tanah mineral masam di Jawa Barat apabila kadar Zn tanah yang dapat diekstrak dengan HCl 0,05 N kurang dari 1 ppm.

Pada tahun 1976, dilaksanakan penelitian tentang pengaruh unsur mikro khususnya Zn, terhadap produksi padi. Penelitian ini dikoordinasikan oleh suatu badan bersama FAO dan IAEA (International Atomic Energy Agency). Penelitian ini diawali dengan survei untuk menentukan status Zn tanah sawah di pantai utara Jawa Barat bagian selatan. Status Zn tanah ditentukan berdasarkan analisis contoh tanah dan contoh tanaman pada stadium anakan aktif dan awal primordia (PI). Selain itu juga dilakukan percobaan kasar kaca dengan perlakuan tanpa dan dengan pemupukan Zn. Berdasarkan percobaan tersebut, Soepardi *et al.* (31) melaporkan bahwa tanaman pada stadium anakan aktif kira-kira 30% (75 contoh) menunjukkan tanggapan positif