

Budi Daya Padi dengan Masukan *In Situ* Menuju Perpadian Masa Depan

A. Karim Makarim dan Endang Suhartatik¹

Ringkasan

Lingkungan pertanian terus mengalami perubahan akibat kurang tepatnya penerapan teknologi (varietas unggul, sarana produksi, alsintan), berkurangnya lahan pertanian, ketidakcukupan input (pupuk kimia anorganik dan pestisida) dan air. Kekhawatiran pencemaran dan degradasi lingkungan hidup, dampak perekonomian global, dan kebutuhan pangan yang terus meningkat, mengakibatkan lingkungan pertanian terus mengalami perubahan pada masa mendatang, dengan ciri berikut: (1) ketersediaan air semakin terbatas, padahal padi sawah memerlukan banyak air; (2) laju pertumbuhan penduduk yang pesat (1,49%) memerlukan beras yang terus meningkat dengan laju 1,1%/tahun, mencapai 35,17 juta ton beras (55,83 juta ton GKG) pada tahun 2010; (3) keharusan untuk efisien menggunakan input agar usahatani padi menguntungkan dan menang bersaing dengan komoditas lainnya; (4) iklim, terutama curah hujan yang semakin tidak menentu dan erratic, suhu udara akan lebih sering ekstrim panas; (5) penggunaan lahan banyak mengarah ke lahan suboptimal dengan permasalahan abiotik dan biotik yang lebih kompleks dan intens. Oleh karena cara budi daya yang optimal selalu berdasarkan kondisi lingkungan, maka untuk masa mendatang diperkirakan (1) penggunaan bahan organik bermutu (rantai C pendek, kandungan hara tinggi) secara *in situ* (di lokasi setempat) makin diperlukan, dari sisa-sisa pertanian (jerami, pupuk kandang), vegetasi alami menjadi populer kembali; (2) pemanfaatan mikroorganisme penambat N (*Azospirillum* sp., *Anabaena*, *Clostridium* dsb.), pelarut P, mikoriza dan sebagainya akan meningkat jumlah dan kualitasnya; (3) penggunaan PPC/ZPT yang berkualitas akan prospektif mengingat dengan cara ini efisiensi penyerapan hara oleh tanaman tinggi; (4) pemanfaatan hara-mineral *in situ* yang tersedia di tanah mulai berkembang. Pertanian yang memanfaatkan sumber daya setempat (organik dan anorganik) dapat dikembangkan seraya mempertahankan hasil padi yang tinggi. *Recycling* hara dalam sistem pertanian mutlak diperlukan untuk meningkatkan efisiensi sistem produksi dan penggunaan masukan.

Penyediaan beras bagi penduduk Indonesia yang selalu bertambah memerlukan upaya nyata peningkatan produksi padi. Ketergantungan terhadap perluasan areal panen mungkin akan sulit ditempuh bagi usahatani padi, karena lahan subur akan semakin diperebutkan penggunaannya oleh komoditas yang bernilai ekonomi lebih tinggi dari padi. Oleh karena itu,

¹ Masing-masing Peneliti Utama dan Peneliti pada Balai Besar Penelitian Tanaman Padi

peningkatan produktivitas padi akan tetap menjadi andalan dalam peningkatan produksi padi.

Dalam sejarah perpadian nasional, produktivitas padi dapat ditingkatkan dari 2,3 t GKG/ha pada tahun 1960 menjadi 4,54 t GKG/ha pada tahun 2004. Kenaikan produksi diperoleh terutama dengan tersedianya varietas unggul baru berumur pendek, penggunaan pupuk kimia (urea, TSP, KCl), penggunaan pestisida bersamaan dengan penerapan prinsip PHT (pengelolaan hama terpadu), dan perbaikan jaringan irigasi. Kondisi pertanian seperti ini digambarkan sebagai pertanian intensif yang berhasil meningkatkan produktivitas tanaman padi. Namun dengan pemberian input pupuk kimia dan pestisida secara berlebihan dapat mengganggu kesehatan manusia dan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, timbul pemikiran untuk mengembalikan ciri pertanian tradisional yang serba alami, organik untuk diterapkan dalam usahatani padi. Namun tuntutan akan kecukupan produksi beras masa kini mengharuskan produktivitas padi pada level yang tinggi (sekitar >6 t GKG/ha) yang tidak mungkin dicapai oleh masukan organik semata. Dalam makalah ini disajikan konsep sistem budi daya masa mendatang yang merupakan kombinasi antara sistem pertanian masa dahulu (serba alami) dengan sistem pertanian modern yang memanfaatkan jasad renik, mineral tanah sebagai input utamanya.

Kondisi Lingkungan Padi: Dulu, Kini, dan Masa Depan

Pada periode sebelum tahun 1960-an, pertanian di Indonesia terutama padi sawah, sedikit sekali menggunakan pupuk kimia dan lebih mengandalkan kesuburan tanah secara alami dengan pengelolaan bahan organik yang tersedia secara *in situ* (di lokasi setempat). Ciri sistem budi daya padi waktu itu adalah: (1) produktivitas masih rendah (2,3 t GKG/ha), (2) umur panen sekitar 6 bulan; (3) air cukup untuk mengairi lahan sawah sehingga tanaman padi sehat; (4) lingkungan pertanian masih didominasi oleh vegetasi alami (tanaman, pepohonan, dsb.) yang merupakan sumber makanan dan tempat berlindung predator hama, sehingga tingkat serangan hama pada tanaman padi masih rendah dan pestisida tidak digunakan; (5) bertanam padi terutama ditujukan untuk mencukupi kebutuhan konsumsi keluarga, (6) produksi beras nasional masih rendah (8,8 juta ton beras atau 16,9 juta ton GKG), sedangkan kebutuhan hanya 13,7 juta ton beras atau 26,3 juta ton GKG. Sistem pertanian seperti ini masih alami, bersih, sehat, dan “berkelanjutan”, tetapi pada kondisi saat ini dan masa mendatang tidak dapat memenuhi kebutuhan pangan nasional.

Meningkatnya kebutuhan beras akibat bertambahnya jumlah penduduk menuntut produktivitas dan produksi padi yang lebih tinggi, mengingat kecepatan peningkatan jumlah penduduk mengikuti deret ukur. Dengan berkembangnya teknologi industri pertanian, yang ditandai oleh tersedianya pupuk

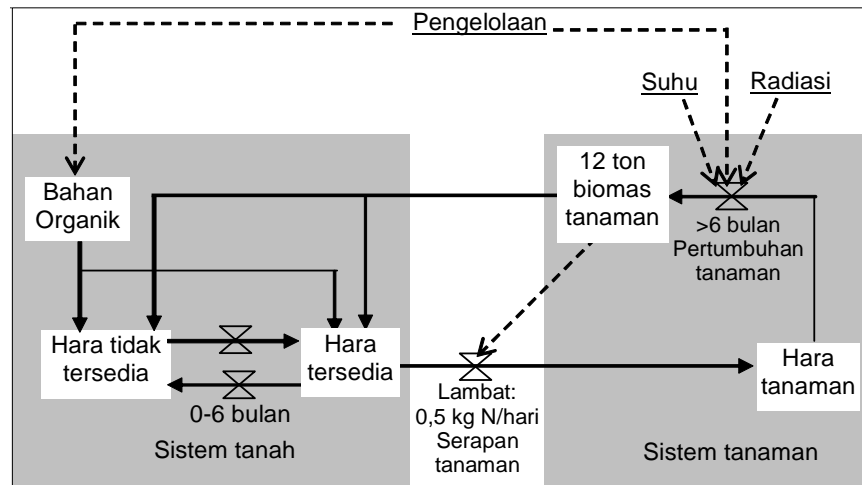
kimia dan varietas unggul, kenaikan produktivitas dan produksi padi dapat mengimbangi kenaikan kebutuhan beras nasional. Perkembangan ini kemudian mengubah pertanian alamiah menjadi pertanian modern yang tercermin dari (1) produktivitas padi 4,54 t GKG/ha; (2) umur panen <135 hari, sehingga panen bisa dua kali setahun; (3) air tidak selalu cukup untuk tanaman padi sawah, kesegaran tanaman kurang; (4) lingkungan pertanian berubah menjadi langka vegetasi, sehingga permasalahan hama dan penyakit meningkat; (5) beras petani selain untuk dikonsumsi sendiri juga untuk dijual, dan kebutuhan pangan nasional meningkat, mencapai 33,66 juta ton beras atau 53,42 juta ton GKG pada tahun 2006. Pertanian modern dianggap telah mencemari sistem pertanian alami. Selanjutnya, muncul keinginan dan upaya untuk mengembalikan ciri pertanian kini ke pertanian masa lalu, yaitu produk yang sehat, sistem lingkungan yang sehat dan stabil dengan produktivitas yang tinggi, sehingga muncul istilah seperti “padi organik” yang tidak menggunakan pupuk kimia sebagaimana yang dianut oleh *System of Rice Intensification* (SRI).

Adanya isu pencemaran dan degradasi lingkungan, perekonomian global, dan kebutuhan pangan yang terus meningkat akan mengubah lingkungan pertanian di masa mendatang. Kondisi lingkungan tersebut digambarkan sebagai berikut: (1) ketersediaan air terbatas, baik jumlah maupun kualitasnya; (2) tekanan penduduk yang pesat (laju pertumbuhan 1,49%) memerlukan konsumsi beras yang meningkat (1,1%/tahun) yang diperkirakan 35,17 juta ton beras (55,83 juta ton GKG) pada tahun 2010, padahal areal pertanaman padi sawah semakin sempit; (3). semakin mahalnya pupuk anorganik (urea, SP36, KCl) akibat adanya persaingan kebutuhan dengan komoditas nonpadi; (4) keharusan efisiensi penggunaan input agar usahatani padi dapat menguntungkan dan bersaing dengan komoditas lainnya; dan (5) iklim, terutama curah hujan semakin tidak menentu dan erratic, suhu udara akan lebih sering ekstrem panas; (6) penggunaan lahan lebih mengarah ke lahan suboptimal yang akan berhadapan dengan masalah abiotik dan biotik yang lebih kompleks dan intens.

Analisis Kebutuhan Masukan Produksi Padi

Kebutuhan masukan tanaman padi masa lalu

Pada pertanian padi masa lampau, penggunaan bahan organik yang tersedia secara *in situ* cukup untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman karena hasil padi masih rendah (≤ 3 t GKG/ha). Gambaran sistem pertanian tanaman padi masa lampau disajikan pada Gambar 1. Pada tingkat produktivitas 3 t/ha, kebutuhan hara utama N, P, dan K tanaman padi adalah ± 90 kg N, ± 10 kg P, dan ± 76 kg K/ha. Jumlah hara tersebut dipenuhi selama pertumbuhan (umur) tanaman yaitu ± 6 bulan atau sekitar 180 hari. Pada kondisi demikian,



Gambar 1. Sistem pergerakan hara tanaman padi sawah di masa lampaui.

kecepatan penyerapan hara N, P, dan K tanaman padi rata-rata 0,54 kg N/ha/hari; 0,06 kg P/ha/hari, dan 0,44 kg K/ha/hari.

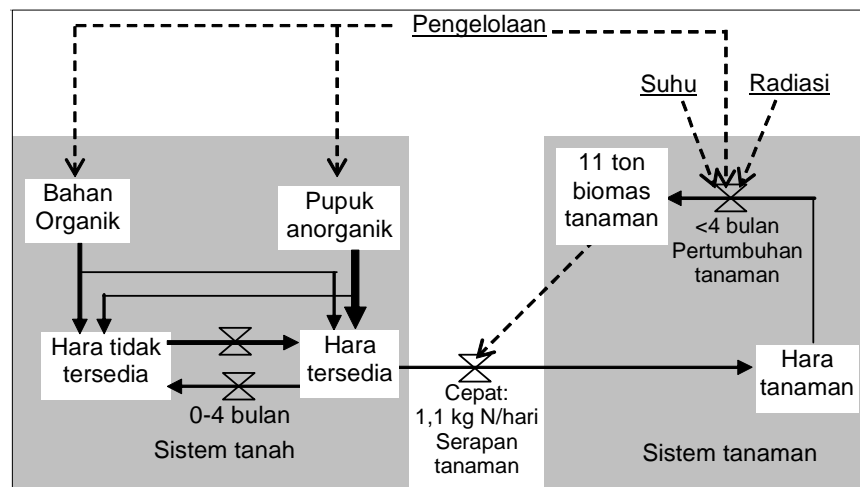
Jumlah hara yang relatif rendah tersebut dapat dipenuhi dari tanah, air irigasi, air hujan, bahan organik (sisa-sisa tanaman, ternak, hasil panen), fiksasi N dari udara, mikroba tanah, dan dari sumber lainnya. Pada kondisi demikian, pemberian pupuk kimia belum atau tidak diperlukan. Saat itu padi hanya diusahakan sekali setahun, sehingga petani punya cukup waktu untuk mengelola bahan organik, seperti mengumpulkan sisa-sisa panen, menyebarkan di lapang, membiarkan melapuk menjadi kompos sebelum tiba musim tanam tahun berikutnya. Kondisi bera juga menguntungkan karena: (1) mempercepat mineralisasi bahan organik secara aerobik, (2) pelepasan hara dari mineral/pelapukan/pelarutan terjadi pada saat tanah kering; (3) melepas zat-zat toksik bagi tanaman dari dalam tanah (gas H_2S , asam-asam organik dsb) melalui retakan tanah, dan (4) teroksidasinya kembali zat reduktif (Fe^{2+} , Mn^{2+} dll.) dalam tanah. Kondisi demikian menyebabkan tanah lebih sehat secara kimia, fisik, biofisik dan mikrobiologik untuk pertanaman padi tahun berikutnya (Dobermann and Fairhurst 2000).

Pada saat padi masih diusahakan hanya sekali setahun, kondisi lingkungan biotik masih baik, jumlah predator dan parasit hama masih berimbang dengan jumlah hama karena masih melimpahnya vegetasi alami sebagai pakan alternatif hama dan predatornya. Dengan demikian tidak diperlukan pestisida untuk memberantas hama dan penyakit tanaman padi. Kalaupun terjadi serangan hama penyakit hanya bersifat lokal, tidak merupakan epidemik secara luas.

Kebutuhan masukan tanaman padi masa kini

Pada pertanian masa kini, kebutuhan hara tanaman selain lebih banyak karena tingkat hasilnya tinggi, kecepatan penyerapannya juga perlu cepat karena umur tanaman lebih pendek (Gambar 2). Total hara yang diperlukan tanaman padi untuk hasil tinggi masing-masing sebesar ± 135 kg N, ± 15 kg P, dan ± 81 kg K/ha selama empat bulan, sehingga kecepatan penyerapan hara N, P, dan K oleh tanaman padi masa kini rata-rata 1,1 kg N/ha/hari, 0,12 kg P/ha/hari dan 0,7 kg K/ha/hari, dua kali lebih cepat dibandingkan dengan penyerapan hara padi masa lalu.

Kebutuhan hara tanaman yang tinggi tentu tidak dapat tercukupi hanya dengan pengelolaan bahan organik seperti pada budi daya padi masa lalu. Pertanaman padi masa kini memungkinkan diusahakan dua kali setahun, di mana masa bera tidak cukup lama untuk mengelola bahan organik (sisa panen, kotoran ternak dsb). Apabila kebutuhan hara tanaman hanya akan dipenuhi dengan pemberian bahan organik, jumlahnya akan sangat banyak (>10 t/ha). Masalah lainnya adalah kecepatan penyediaan hara bagi tanaman yang harus cepat, sehingga penggunaan bahan organik saja tidak dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Bahan organik pada umumnya melepas hara tersedia jauh lebih lambat dibandingkan dengan pupuk kimia. Oleh karena itu diperlukan pemberian pupuk anorganik guna memenuhi kebutuhan hara tanaman di awal pertumbuhan, kecuali jika telah ada teknologi pengolahan bahan organik yang dapat melepas hara tersedia yang sama cepat dengan pupuk anorganik (urea, SP36, KCl, dsb).



Gambar 2. Sistem pergerakan hara tanaman padi sawah pada masa kini.

Budi Daya Padi Masa Depan

Sebelumnya telah digambarkan sistem pertanian masa lampau hingga tahun 1965, yang mungkin menjadi inspirasi “nostalgia” para pendukung Padi Organik (pertanian dengan masukan bahan organik dan tidak ada yang berasal dari pupuk kimia anorganik maupun pestisida). Pada saat ini lingkungan pertanian padi sawah sudah banyak berubah, sehingga pertanian masukan organik akan berhadapan dengan banyak kesulitan dari segi hama, penyakit, dan kecukupan hara. Namun, pertanyaan selanjutnya apakah untuk masa mendatang sistem budi daya padi sawah akan dibiarkan “merusak” lingkungan? Bagaimana perkiraan model pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan?

Kebutuhan masukan tanaman padi masa mendatang

Rancangan cara budi daya padi harus konsisten berdasarkan kebutuhan dan kondisi lingkungannya seperti telah diuraikan sebelumnya. Pada masa mendatang peran bahan organik berupa residu tanaman, kompos, kotoran ternak, dan limbah rumah tangga, terutama yang tersedia secara *in situ* akan menjadi sangat penting. Begitu pula peran jasad renik (mikroorganisme). Pada masa kini, pertanian yang *full input* organik tidak relevan, namun pada masa mendatang pemanfaatan bahan organik, jasad renik, dan hormon tumbuh menjadi lebih penting, sesuai dengan kondisi lingkungan masa mendatang. Pada masa mendatang, budi daya padi dengan masukan organik harus mampu memberikan produktivitas lebih tinggi, karena kebutuhan beras terus meningkat. Untuk itu persyaratan sebagai usahatani ramah lingkungan (Sumarno *et al.* 2000) perlu dipenuhi, di antaranya: (1) kelestarian keragaman hayati dan keseimbangan ekologis biota alamiah; (2) terpeliharanya sumber daya lahan pertanian secara fisik, organik, dan kimiawi; (3) lahan dan lingkungan terhindar dari pencemaran residu kimia; (4) terpeliharanya produktivitas lahan secara berkelanjutan tanpa meningkatkan masukan sarana produksi.

Bahan organik sangat diperlukan dan multiguna, seperti (1) perbaikan sifat fisik tanah, menyimpan air tersedia lebih banyak, mengurangi penguapan, membuat kondisi tanah mudah untuk pergerakan akar tanaman baik untuk tanah liat berat maupun tanah berpasir; (2) media tumbuh mikroorganisme tanah, seperti organisme penambat N udara, pelarut P, dsb; (3) menyediakan hara makro dan mikro bagi tanaman dalam batas tertentu; (4) secara fisiko kimia menetralkan keracunan Al^{3+} , Fe^{2+} , menambah ketersediaan hara mikro (Cu, Zn), meningkatkan daya menahan kation (KTK) maupun anion (KTA) sehingga hara tidak mudah hilang dari tanah. Dengan penambahan bahan organik matang, tanaman tidak mudah kekeringan dan kebutuhan air tanaman berkurang sehingga air dapat dimanfaatkan untuk areal yang lebih luas. Peran penting bahan organik pada masa mendatang sebaiknya tersedia secara *in situ* dalam bentuk hijauan, sisa tanaman/panen maupun berupa kotoran ternak.

Kekurangan bahan organik juga perlu dipahami, seperti: (1) diperlukan dalam jumlah banyak (*bulky*); (2) tidak dapat digunakan sebagai pupuk susulan seperti urea; (3) pada tanah berdrainase buruk dapat menambah kondisi reduktif sehingga berpotensi keracunan besi, Mn, pembentukan gas H₂S, asam-asam organik yang bersifat toksik bagi tanaman, (4) bahan organik mentah perlu menyerap N tersedia tanah, sehingga tanaman menjadi kahat N; dan (5) meningkatnya emisi gas metan, salah satu gas rumah kaca penyebab pemanasan bumi (Wihardjaka *et al.* 1999; Makarim *et al.* 1996). Oleh sebab itu, bahan organik yang akan dijadikan masukan andalan pertanian padi pada masa depan selain dapat diproduksi secara *in situ*, juga harus lebih berkualitas, seperti (1) dapat cepat menyediakan hara bagi tanaman padi, (2) tidak menambah populasi gulma yang berasal dari bahan organik, (3) tidak bau, kotor, atau membawa mikroba penyebab penyakit, yang merupakan pencemaran lingkungan dan kesehatan manusia.

Peran mikroorganisme (jasad renik) tanah juga perlu ditingkatkan. Kombinasi bahan organik dan jasad renik sangat sesuai karena perannya saling simbiotik. Bahan organik adalah media tumbuh jasad renik, sedangkan dengan adanya jasad renik menambah manfaat dan bahan organik itu sendiri. Jasad renik penambat N udara secara bebas, pelarut P, dan mikoriza, sudah lama diketahui dalam pertanian lahan sawah. Pada masa mendatang, pupuk anorganik akan menjadi mahal. Diperkirakan pupuk hayati (jasad renik) dan bahan organik berkualitas akan menjadi sangat penting bagi petani. Untuk memperoleh hasil tanaman yang tinggi harus diimbangi dengan penyediaan hara yang banyak. Sumber hara untuk pertanian masa depan akan banyak memanfaatkan cadangan mineral dalam tanah.

Kekayaan mineral tanah pada lahan pertanian belum banyak dibahas. Pada masa depan, cadangan mineral tanah yang dapat menyediakan hara bagi tanaman setelah melapuk perlu diperhitungkan. Selama ini mineral tanah tidak diperhitungkan sebagai sumber hara tanaman, karena ketersediaannya sangat sedikit dan pelepasannya lama atau lambat sehingga dapat diabaikan. Namun apabila dapat diperoleh mikroorganisme tanah yang dapat mempercepat pelepasan unsur hara dari mineral tanah menjadi bentuk-bentuk yang tersedia bagi tanaman, maka mineral sangat berarti sebagai sumber hara bagi tanaman dan tersedia secara *in situ*. Pada masa kini, pemanfaatan pupuk hayati dan fitohormon (PPC/ZPT) masih memiliki kelemahan, terutama (1) kualitasnya rendah, (2) tidak konsisten pengaruhnya terhadap tanaman di lingkungan yang beragam, (3) aplikasinya belum praktis sehingga mudah salah, dan (4) tidak terintegrasi dengan komponen budi daya lainnya. Penyempurnaan produk-produk tersebut diperlukan untuk masa mendatang dengan memperkuat dasar ilmiah, perbaikan kualitas (konsentrasi, komposisi, dsb), mekanisme kerja produk, cara aplikasi dan pengujian.

Budi Daya Padi Masukan *In Situ*

Pemanfaatan bahan organik *in situ* untuk budi daya padi pada masa mendatang akan menjadi faktor utama. Pengalaman pengujian Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT) pada tahun 2000-an di berbagai wilayah di Indonesia, yang dikombinasikan dengan penggunaan bahan organik menunjukkan bahwa (1) penggunaan pupuk urea dapat dihemat atau menjadi lebih efisien tanpa mengurangi produktivitas padi; (2) bahan organik hanya dapat diterapkan petani di sebagian kecil wilayah yang memiliki sumber bahan organik (pupuk kandang). Dari pengalaman penelitian PTT dapat disimpulkan bahwa (1) penghematan atau pengurangan penggunaan pupuk kimia dapat dilaksanakan tanpa mengurangi produktivitas padi maupun pendapatan; (2) perlu memahami sulitnya penggunaan bahan organik pada padi sawah; dan (3) komponen pendukung PTT di setiap daerah berbeda, dengan paket teknologi yang spesifik; hal ini karena model PTT menganut asas partisipatif dalam memecahkan permasalahan spesifik (Las *et al.* 2002; Makarim *et al.* 2000). Berdasarkan pengalaman tersebut maka perlu dipikirkan upaya pemecahan masalah pertanian padi masa depan.

Budi daya padi di masa mendatang perlu menerapkan PTT-organik atau semi organik, diintegrasikan dengan ternak, dalam SITT (Sistem Integrasi Tanaman-Ternak). Sistem ini merupakan pengembangan dari model PTT dengan mengutamakan pemanfaatan bahan organik sebagai komponen utamanya. Bahan organik sisa panen (jerami padi), dan kotoran ternak sebagai limbah atau hijauan yang tersedia secara *in situ* dimanfaatkan semaksimal mungkin, namun tidak tertutup kemungkinan penggunaan pupuk kimia (industri) sehingga produk yang dihasilkan disebut produk pertanian "Semi Organik." Pada prinsipnya pertanian padi sawah pada masa mendatang harus memaksimalkan penggunaan bahan organik atau menyediakan bahan organik secara *in situ* dan menekan penggunaan pupuk kimia anorganik. Semakin sedikit pupuk anorganik yang digunakan semakin berhasil usahatani padi dari segi masukan. Sebagai gambaran, penggunaan bahan organik untuk padi sawah di sentra produksi padi di Cina mensubstitusi 33% kebutuhan hara N, 50% hara P, dan hampir semua kebutuhan hara K (Qi-xiao Wen 1984). Hal ini menunjukkan bahwa pada pertanian padi sawah intensif seperti di Cina pun bahan organik dan pupuk kimia anorganik masih sama-sama digunakan dan saling melengkapi untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman.

Pengelolaan hara pada model PTT organik atau semi organik mengutamakan penggunaan kompos jerami sebagai sumber K atau sebagai pengganti sebagian atau seluruh KCl. Pupuk kandang diberikan sebagai sumber N, P, K, Ca dan lain lain atau setara dengan pupuk majemuk. Pupuk hijau seperti *Sesbania* spp. dan *Azolla* spp. dimanfaatkan sebagai sumber hara N. Pupuk hayati seperti Biofosfat, mikoriza, dan *Azospirillum* digunakan untuk menambah ketersediaan hara N dan P.

Pengendalian organisme pengganggu dalam model PTT organik atau semi organik juga mengutamakan penggunaan biopestisida atau pengendalian secara manual. Pengendalian gulma dilakukan secara mekanis atau manual, dan dengan pengaturan tinggi genangan air (2-5 cm). Pengendalian hama dan penyakit menggunakan biopestisida seperti piretrum, mimba, tuba, sambiloto, buah nona, mindi, rumput babadotan, biji bengkuang, gadung racun dan biji apel mete (*Annona glabra*). Dengan cara demikian, penggunaan pestisida diminimalkan, apabila tidak dapat diatasi dengan biopestisida. Namun untuk mempersiapkan pertanian padi pada masa mendatang dengan ciri mahalanya pupuk anorganik dan perlu tingginya hasil padi, maka peningkatan kualitas pestisida nabati sangat diperlukan.

Seperti halnya pada model PTT, tidak semua wilayah pertanian dapat mencukupi kebutuhan bahan organik dengan berbagai alasan, seperti biaya angkut yang mahal, tidak nyata meningkatkan produktivitas karena kondisi lahan berdrainase buruk. Penanaman leguminose sebagai tanaman penyelang yang kemudian ditanam ke dalam tanah dimungkinkan untuk dapat mengatasi mahalanya biaya pengangkutan. Pada tahap ini diperlukan teknologi pengolahan bahan organik agar mudah digunakan, lebih efektif dan efisien. Setiap daerah memiliki sumber bahan organik, meskipun berbeda. Penggunaannya dalam pertanian seringkali belum efisien karena perlu tenaga dan biaya yang besar dengan manfaat yang belum diyakini petani.

Pemahaman akan pentingnya manfaat bahan organik harus dikampanyekan dan disuluhkan mulai dari sekarang, apabila pertanian nasional akan diarahkan menuju budi daya padi masa depan, baik pengadaannya maupun peningkatan kualitasnya. Sumber bahan organik harus disediakan secara *in situ* melalui perbanyakan oleh kelompok-kelompok tani. Penyuluhan dan peningkatan keterampilan petani dalam pemanfaatan bahan organik tersebut perlu dibina. Kegiatan budi daya tumpangsari dengan pupuk hijau perlu dirancang secara baik agar memudahkan dalam penerapannya. Semua hal yang berhubungan dengan kurang berkualitasnya bahan organik perlu diatasi melalui proses dekomposisi mikrobiologis yang sudah berkembang. Bahan organik dibuat menjadi lebih berkualitas dengan cara memperpendek rantai karbon dan menurunkan rasio C/N, sehingga konsentrasi hara lebih pekat dan ketersediaan hara lebih cepat.

Dalam menuju sistem budi daya padi masa depan, tentu akan terjadi keragaman (perubahan) penerapan sistem dari waktu ke waktu. Luas areal sawah ala paket teknologi supra insus akan berangsur-angsur berkurang, sedangkan model PTT akan berangsur-angsur meningkat. Kesiapan teknologi pemanfaatan bahan organik berkualitas, pupuk hayati efektif, dan ZPT dapat memicu percepatan penerapan sistem budi daya padi masa depan yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Kesimpulan dan Saran

1. Budi daya padi perlu disesuaikan dengan kondisi lingkungan pertanian, seperti biofisik, cadangan mineral tanah, ketersediaan bahan organik, ketersediaan masukan dan teknologi.
2. Kondisi lingkungan padi masa lampau sesuai untuk budi daya *low input* (tanpa pupuk, dengan/atau tanpa bahan organik) dan ramah lingkungan; sedangkan kondisi lingkungan padi masa kini mengandalkan masukan anorganik dan kurang mengutamakan pemanfaatan bahan organik. Untuk pertanian padi masa mendatang, bahan organik, mikroorganisme, hara dari mineral tanah akan dijadikan andalan masukan *in situ* sistem produksi padi.
3. Perlu penyempurnaan pengolahan bahan organik, pupuk hayati, dan ZPT untuk mendukung penerapan budi daya padi masa mendatang. Penyuluhan ke petani/kelompok tani dalam mengelola bahan organik *in situ* dan pupuk hayati perlu menjadi agenda yang diprioritaskan.

Pustaka

- Biro Pusat Statistik. 1968 & 1969. Statistik Indonesia. Djakarta. 467p.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice: Nutrient disorders and nutrient management. IRRI and PPI/PPIC. 191 p.
- Las, I., A.K. Makarim, H.M. Toha, dan A. Gani. 2002. Panduan teknis pengelolaan tanaman dan sumber daya terpadu padi sawah irigasi. Badan Litbang Pertanian. 37 p.
- Makarim, A.K., S. Abdurachman, dan S. Purba. 2000. Efisiensi input tanaman pangan melalui *prescription farming*. Dalam: A.K. Makarim *et al.* (eds). Tonggak Kemajuan Penelitian Tanaman Pangan. Konsep dan Strategi Peningkatan Produksi Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. p. 90-103.
- Makarim, A.K., P. Setyanto, and A.M. Fagi. 1996. Suppressing methane emission from rainfed lowland rice field at Jakenan, Central Java. Proceedings of the International Symposium on Maximizing Sustainable Rice Yields through Improved Soil and Environmental Management. p.365-378.
- Qi-xiao Wen. 1984. Utilizing of organic materials in rice production in China. p. 45-56. *In: Organic matter and Rice*. IRRI, Los Banos, Philippines.

- Sumarno, I.G. Ismail, dan S. Partohardjono. 2000. Konsep usahatani ramah lingkungan. *Dalam: A.K. Makarim et al. (eds). Tonggak Kemajuan Penelitian Tanaman Pangan. Konsep dan Strategi Peningkatan Produksi Pangan. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. p.55-74.*
- Wihardjaka, A., P. Setyanto, dan A.K. Makarim. 1999. Pengaruh penggunaan bahan organik terhadap hasil padi dan emisi gas metan pada lahan sawah. *Dalam: S. Partohardjono, J. Soejitno, dan Hermanto (eds.). Menuju Sistem Produksi Padi Berwawasan Lingkungan. Risalah Seminar Hasil Penelitian Emisi Gas Rumah Kaca dan Peningkatan Produktivitas Padi di Lahan Sawah. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. p.44-53.*