

BUDI DAYA PADI RAMAH LINGKUNGAN DAN BERKELANJUTAN

Sumarno dan Suyamto

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

1. PENDAHULUAN

Gerakan pertanian organik dan pertanian menggunakan “*input* dari dalam usaha tani” yang berkembang sejak akhir abad XX, dan terus berlanjut hingga kini, mengindikasikan bahwa budi daya padi sawah yang menggunakan sarana pupuk dan pestisida sintetis dinilai oleh sebagian masyarakat tidak ramah lingkungan. Bukti empiris memang menunjukkan adanya perubahan keseimbangan ekologis pada lahan sawah, termasuk hilangnya biota asli setempat seperti ular sawah pemakan tikus, berkurangnya populasi burung dan ikan pada lahan sawah pemakan serangga, tidak berimbangnya populasi pemangsa/parasit dengan populasi serangga hama. Kondisi tersebut sering mengakibatkan terjadinya epidemi hama dan penyakit pada tanaman padi yang intensitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi pada era sebelum penerapan teknologi Revolusi Hijau dalam skala luas sebelum tahun 1970.

IRRI (2004) yang merupakan pusat penggodokan teknologi budi daya padi modern, dan yang melahirkan teknologi Revolusi Hijau, mengakui perlunya agenda penelitian teknologi berwawasan lingkungan dan berlanjut sejak 2004. Dalam agenda lingkungan tersebut, isu yang perlu diteliti dalam penyediaan teknologi budi daya padi adalah: (1) penurunan mutu lingkungan lahan sawah; (2) jaminan keberlanjutan sistem produksi padi; (3) cemaran residu yang berasal dari sarana produksi berupa bahan kimia berbahaya; (4) penurunan mutu lahan dan kesuburan tanah; (5) kekurangtersediaan air pengairan dan mutu air yang menurun; (6) turunnya keanekaragaman hayati dan keragaman genetik tanaman; dan (7) pemiskinan petani kecil. Kritik negatif terhadap teknologi Revolusi Hijau oleh LSM, peminat lingkungan, dan segolongan petani juga cukup tajam, dan perlu diperhatikan (Pranadji dkk., 2005; Tjondronegoro, 2001).

Tumbuhnya kesadaran masyarakat akan pentingnya upaya pemeliharaan mutu lingkungan dan keberlanjutan sistem produksi padi akan semakin menguat pada abad XXI ini. Tindakan yang diambil oleh segolongan masyarakat tani kadang-kadang bersifat ekstrim, seperti antipenggunaan pupuk dan pestisida sintetis, atau tidak mau menanam varietas unggul, dan mereka ingin kembali ke teknologi pra-Revolusi Hijau tahun 1960-an. Kelompok masyarakat peminat lingkungan yang mendukung gerakan ini sering lebih mengutamakan

pertimbangan aspek mutu lingkungan daripada produksi padi secara optimal guna pencukupan kebutuhan pangan regional dan nasional.

Dengan semakin tidak seimbangnya pertambahan jumlah penduduk dengan ketersediaan lahan yang layak untuk usaha produksi pangan, Shah dan Strong (1999) mengidentifikasi enam isu penting yang akan menjadi tantangan usaha pertanian pada abad XXI, yaitu (1) kemiskinan; (2) ketersediaan dan ketahanan pangan regional dan nasional; (3) keberlanjutan sistem produksi pertanian; (4) penurunan mutu lingkungan; (5) kerusakan sumber daya lahan pertanian dan air; dan (6) penurunan keanekaragaman hayati dan genetik tanaman.

Enam isu penting tersebut tidak dapat ditangani secara parsial karena saling terkait satu sama lainnya. Di samping itu, permasalahan pencukupan pangan pada masa depan akan semakin rumit karena (1) keterbatasan kemampuan untuk terus meningkatkan produktivitas lahan karena telah dicapainya batas maksimum produktivitas varietas maupun lahan; (2) keterbatasan sumber air; (3) terjadinya degradasi lahan dan penurunan kesuburan tanah; (4) semakin meningkatnya serangan hama penyakit akibat timbulnya biotipe dan ras baru (Shah dan Strong, 1999). Secara keseluruhan produksi pertanian, termasuk padi, terutama dibatasi oleh semakin berkurangnya ketersediaan air.

Di negara-negara sedang berkembang seperti Indonesia, gerakan sadar mutu lingkungan dan keberlanjutan usaha pertanian baru merupakan “gerakan moral”, belum menjadi keharusan yang mempunyai implikasi ekonomis. Namun, di negara maju seperti negara-negara Eropa, gerakan tersebut telah dipadukan dengan persyaratan perdagangan yang berimplikasi pada ekonomi. *Good agriculture practices* (GAP) untuk tanaman sayur dan buah, misalnya, merupakan ketentuan sistem produksi yang antara lain ditujukan untuk menjaga mutu lingkungan dan keberlanjutan produksi, yang berimplikasi pada pemasaran produk pertanian, di mana tanpa sertifikat lulus GAP petani produsen tidak dapat memasok produk ke pasar formal (Eurep GAP, 2004). Untuk tanaman industri, seperti tebu dan kapas, sistem produksi ramah lingkungan juga sudah diatur dalam ketentuan *Better Sugar Initiative* dan *Better Cotton Initiative* (Kingston *et al.*, 2007).

Pada tanaman padi di lahan sawah (*flooded rice*) maupun di lahan kering sebagai padi gogo (*dryland rice*), ketentuan pemeliharaan mutu lingkungan dan keberlanjutan produksi secara implisit tertuang pada berbagai ketentuan dan anjuran, seperti pengendalian hama terpadu (PHT) (Oka dan Bahagiawati, 1991) dan pengelolaan tanaman terpadu (PTT) (Makarim dan Las, 2005). Berbagai konsep juga telah dikemukakan, seperti agroekoteknologi (Sumarno dan Suyamto, 1998); teknologi Revolusi Hijau Lestari (Sumarno, 2007). Namun, kesadaran petani akan lingkungan dan keberlanjutan produksi secara umum tampaknya masih rendah. Dalam program penyuluhan pertanian, aspek keberlanjutan produksi dan mutu lingkungan pertanian belum dimasukkan sebagai

bahan dan program penyuluhan pertanian. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh adanya keteledoran dalam penerapan teknologi Revolusi Hijau yang lebih berorientasi pada produksi, dan sejak awalnya (tahun 1970-an) memang tidak memasukkan aspek lingkungan dan keberlanjutan sebagai persyaratan adopsi teknologi.

Kelemahan penerapan teknologi Revolusi Hijau, antara lain adalah menyempitnya keragaman genetik tanaman padi sehingga daya sangga genetik dan plastisitasnya menurun yang berakibat lebih rentan terhadap hama penyakit. Demikian pula penggunaan pupuk anorganik dan pestisida sintesis, dinilai merusak kualitas sumber daya pertanian dan lingkungan (Sisworo, 2006). Penanaman satu-dua varietas unggul populer pada areal yang luas, penggunaan pupuk dan pestisida, merupakan hal-hal yang tidak dapat dihindarkan pada penerapan teknologi Revolusi Hijau. Dua aspek yang saling bertentangan tersebut, produktivitas dan kerawanan mutu lingkungan ekologis, perlu disediakan teknologi pemecahan jalan tengah agar dua kepentingan dapat terpenuhi.

Dalam konsep pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan, tujuan sistem produksi utamanya adalah produktivitas tinggi dan kelayakan ekonomi, tetapi secara sadar terus mengupayakan pelestarian mutu lingkungan dan keberlanjutan produksi. Aspek lingkungan dan keberlanjutan bukan diposisikan sebagai tujuan usaha produksi pertanian padi sawah, tetapi menjadi persyaratan dalam menetapkan pilihan komponen teknologi yang akan diterapkan. Strategi dan pilihan teknologi untuk memenuhi tujuan ganda, yaitu produksi, lingkungan, keberlanjutan, dan ekonomi tentu berbeda bagi setiap agroekosistem, tetapi terdapat beberapa ketentuan yang bersifat mendasar dan berlaku umum bagi berbagai agroekologi lahan sawah yang dapat dirumuskan.

Tulisan ini membahas konsep budi daya padi secara ekologis dan berkelanjutan, dalam konteks penerapan teknologi maju yang produktif, efisien, dan ekonomis. Tujuannya adalah memberikan pemahaman tentang perlunya keterpaduan tujuan usaha tani padi dengan lingkungan lestari dan keberlanjutan produksi, sebagai dasar dan acuan dalam penerapan teknologi.

2. PENGERTIAN DAN DEFINISI

2.1 Pertanian Ramah Lingkungan

Pertanian ramah lingkungan dan pertanian berkelanjutan merupakan dua konsep yang berbeda tujuannya, tetapi keduanya sangat terkait erat dalam implementasinya. Kurangnya pemahaman tentang masing-masing konsep tersebut akan berakibat tidak sesuainya antara program kegiatan dengan keluaran yang dihasilkan. Teknologi dan praktik budi daya padi yang ditujukan untuk

memperoleh kondisi ramah lingkungan, seperti mempertahankan keanekaragaman hayati, keseimbangan ekobiologi lokalita, dan minimalisasi cemaran zat kimia beracun, belum tentu dan tidak selalu berarti merupakan budi daya padi yang berkelanjutan dari segi kemampuan produktivitas, efisiensi produksi, dan kecukupan produksi dalam penyediaan pangan keluarga, regional maupun nasional. Dimiyati dkk. (1998) berpendapat bahwa pertanian ramah lingkungan dan pertanian berkelanjutan kemungkinan terjadi secara terpisah pada praktik usaha tani, namun keduanya dapat pula disatukan.

Pertanian ramah lingkungan (*ecological agriculture*) erat kaitannya dengan tujuan pelestarian keragaman hayati, keseimbangan ekobiologis, dan tidak terjadinya pencemaran pada produk panen, pelaku usaha pertanian, hewan ternak, lahan pertanian dan bodi air di permukaan, air tanah maupun air yang mengalir. Di antara penciri ramah lingkungan tersebut, terdapat komponen pendukung pertanian berkelanjutan, seperti pelestarian keragaman hayati dan keseimbangan ekobiologis yang menurut Beattie (1995) dapat berfungsi memelihara keseimbangan ekosistem, termasuk pengendalian hama penyakit, dekomposisi limbah, daur nutrisi, pembersih lingkungan dari polutan, yang semua itu sangat penting bagi keberlanjutan usaha pertanian.

Konsep pertanian ramah lingkungan mendasarkan pada pengelolaan lingkungan yang seimbang dan berkelanjutan (*sustainable environmental management*). Pada usaha tani padi, ekologi lingkungan alamiah yang sangat beragam spesiesnya, telah diubah menjadi habitat satu spesies dominan (tanaman padi) sehingga terjadi perubahan keseimbangan ekobiologis. Apalagi dalam setiap hamparan biasanya hanya ditanam satu varietas yang homogen-homozigot, berasal dari turunan satu tanaman (satu gabah). Oleh karena itu, pengertian pelestarian keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekobiologi lahan sawah tidak dapat disamakan dengan lingkungan ekobiologis alamiah yang terdiri atas banyak spesies dan saling berdampingan (kohabitasi). Ekobiologi lahan sawah merupakan ekobiologi sekunder yang terdiri atas tanaman (padi) – serangga – patogen penyakit – pemangsa – parasit pesaing, dan mikroba simbiosis, dekomposer, dan fauna-flora lainnya. Keseimbangan ekobiologis sekunder inilah yang perlu dilestarikan dalam konsep pertanian ramah lingkungan.

Sumarno dkk. (2000) mengajukan tujuh komponen penciri pertanian ramah lingkungan, yaitu (1) adanya kondisi keseimbangan ekologi sekunder lahan pertanian; (2) kelestarian keanekaragaman hayati sekunder; (3) keragaman genetik spesies yang ditanam; (4) bebas cemaran agrokimia; (5) penghindaran cemaran polutan yang berasal dari luar usaha tani; (6) pengurangan pembentukan gas rumah kaca asal pertanian; dan (7) produk pertanian bebas residu dan aman konsumsi. Kriteria tersebut merupakan luaran dari praktik budi daya ramah lingkungan, belum mencakup proses atau teknik budidaya.

Budi daya padi ramah lingkungan dapat didefinisikan sebagai teknik budi

daya padi yang mempersyaratkan berbagai aspek mutu dan kelestarian lingkungan, tanpa harus mengorbankan tujuan utama usaha pertanian, yaitu produktivitas, efisiensi, dan keuntungan ekonomis.

Secara umum Sumarno dkk. (2000) mendefinisikan usaha tani ramah lingkungan sebagai usaha tani yang dapat memperoleh produksi optimal yang tidak merusak lingkungan, baik dari segi fisik, biologik, maupun ekologi. Implikasi dari definisi tersebut adalah usaha tani ramah lingkungan merupakan usaha tani yang harus bersifat produktif, sehat, aman, dan dapat memelihara kelestarian lingkungan. Pertanian ramah lingkungan menekankan aspek kelestarian lingkungan, meminimalisasi kerusakan dan degradasi ekosistem, serta mempertahankan keanekaragaman hayati.

2.2 Usaha Tani Padi Berkelanjutan

Usaha tani padi berkelanjutan bermakna bahwa lahan yang di masa lalu dan atau masa kini ditanami padi dapat digunakan untuk usaha tani padi dengan produktivitas yang tinggi, dan secara ekonomis menguntungkan hingga waktu yang akan datang, dalam cakupan jangka panjang. Pengubahan lahan sawah menjadi fungsi nonpertanian termasuk dalam kategori usaha tani padi yang tidak berkelanjutan, tetapi karena sifatnya nonagronomis maka tidak dibahas pada tulisan ini.

Secara umum pengertian pertanian berkelanjutan adalah sumber daya lahan pertanian secara lestari dan dapat digunakan untuk usaha produksi, dan dapat menghasilkan produk panen optimal dengan menggunakan sejumlah masukan sarana produksi yang normal dan wajar.

Harwood (1987) memberikan definisi pertanian berkelanjutan sebagai usaha pertanian dengan memanfaatkan sumber daya, masukan sarana dan biaya yang wajar, untuk menghasilkan produk panen optimal dan memenuhi kriteria kelayakan ekonomi, sosial, kelestarian lingkungan, dan menggunakan sarana produksi yang terbarukan.

Pertanian berkelanjutan menurut Harwood (1987) mencakup tujuh dimensi, yaitu: (1) dimensi waktu jangka panjang dalam hal pelestarian lahan, tanah dan air; (2) dimensi sosial, yaitu pelestarian fungsi usaha tani padi dalam memberikan lapangan penghidupan dan ekonomi untuk masyarakat; (3) dimensi ekonomi, yaitu kelayakan ekonomi usaha pertanian (padi) secara layak dan kompetitif dibandingkan usaha lain yang sejenis; (4) dimensi kelestarian keanekaragaman hayati dan keragaman genetik varietas padi yang ditanam; (5) dimensi kesehatan lingkungan, yaitu bebas dari pencemaran residu yang berasal dari agro *input* untuk tanaman padi; (6) dimensi kelestarian mutu dan kesuburan serta produktivitas tanah dalam jangka panjang; dan (7) dimensi kelestarian sumber daya pertanian dan lingkungan, termasuk sumber daya air.

Ke tujuh dimensi tersebut lebih merupakan kriteria ideal dan harapan yang akan diperoleh dari penerapan teknik budi daya padi berkelanjutan, dan bukan merupakan persyaratan mutlak yang bersifat eksklusif. Oleh karena itu, dalam praktik akan sulit dipenuhinya ke tujuh kriteria tersebut, walaupun sistem produksi padi telah menunjukkan tingkat kesetaraan berkelanjutan.

Bagi sebagian besar masyarakat pertanian, usaha tani padi sawah telah dianggap sebagai usaha tani yang berkelanjutan. Lahan sawah di Pulau Jawa diyakini telah ditanami padi secara terus-menerus sejak abad XIII atau abad XIV, dan tetap produktif hingga sekarang. Sawah di Provinsi Ifugao, Filipina, telah digunakan untuk budi daya padi selama 3.000 tahun, dan hingga sekarang masih produktif (Conception, 2006). Bahkan sawah di lembah Yangzi, Cina, telah ditanami padi sejak 9.000 tahun yang lalu, dan masih produktif hingga kini (Greenland, 1997).

Lahan sawah yang dimanfaatkan untuk bertanam padi secara tergenang memang memiliki mekanisme untuk melestarikan kesuburan dan keberlanjutan produksi secara alamiah, melalui proses fisik, kimiawi, dan hayati yang dinamis, tetapi tetap dalam batas stabil, asalkan tidak terjadi proses pemaksaan secara fisik dari luar, seperti timbunan dari longsor tanah, banjir besar sehingga terjadi penimbunan pasir, pemadatan tanah oleh alat-alat berat, cemaran limbah kimia dari industri, dan proses sejenisnya. Erosi lapisan atas tanah (*top soil*) pada lahan sawah diminimalisasi karena aliran air tertahan dan terendapkan oleh genangan akibat adanya pematang atau tertahan oleh tanaman padi. Tanpa teknik pengelolaan lahan secara sawah tergenang, lahan tropis sudah menjadi gurun pasir atau tanah bongkor, sejak beratus tahun yang lalu. Greenland (1997) mengidentifikasi tujuh faktor yang mengakibatkan lahan sawah secara alamiah dapat mempertahankan keberlanjutan, yaitu: (1) pengolahan tanah dan penanaman, disertai pemupukan anorganik tidak menjadikan tanah sawah bersifat masam karena terjadinya proses biokimia yang dinamis, terkait dengan sifat fisiko-kimia tanah yang tergenang; (2) terjadi akumulasi zat hara yang berasal dari wilayah hulu dan daur hara melalui dekomposisi bahan organik, sedangkan pencucian hara tanah terjadi secara minimal; (3) fosfor terikat dalam bentuk ferro-fosfat yang tersedia bagi tanaman; (4) terjadi penambahan hara lewat air luapan banjir dan irigasi; (5) terdapat penambahan nitrogen melalui fiksasi hayati atas bantuan mikroba, tumbuhan air, dan leguminosa; (6) penambahan dan pengembalian hara ke dalam tanah melalui pemupukan dan pelapukan sisa dan limbah tanaman; dan (7) erosi permukaan dicegah oleh adanya pematang dan proses pengendapan oleh air yang tergenang. Di samping itu, lahan sawah sebagai “bodi permukaan tanah” bertindak sebagai wadah (*container*) yang menampung komponen pembentuk tanah subur.

Proses perawatan sifat keberlanjutan lahan sawah juga diperoleh dari daur tanaman, pengembalian limbah tanaman ke dalam tanah, pengolahan tanah,

pembentukan lapisan olah tanah dan adanya pematang yang berfungsi sebagai penahan limpasan air (*run-off*) pada lahan miring. Petani secara empiris mengetahui bahwa untuk mengembalikan kesuburan tanah maka lahan kering (tegalan) bila memungkinkan harus diubah menjadi lahan sawah yang digenangi.

Dari uraian tersebut terlihat bahwa lahan sawah seolah-olah telah dengan sendirinya merupakan pengelolaan lahan pertanian secara berkelanjutan. Petani dan masyarakat pertanian dapat menjadi terlena, menganggap lahan sawah pasti berkelanjutan. Walaupun selama ini sudah ada kekhawatiran tentang kerusakan lahan sawah, tetapi pemahamannya lebih didasari oleh pengertian kerusakan lingkungan. Istilah “tanah sakit” sebenarnya tidak mempunyai makna yang jelas karena tidak memiliki definisi deskripsi dan gejala spesifik. Secara keseluruhan tanah sakit mungkin diartikan sebagai tanah yang menurun tingkat kesuburannya, dan produksinya menjadi rendah. Tetapi, deskripsi demikian kurang jelas karena tanah yang tidak subur penyebabnya sangat banyak, demikian pula lahan yang produktivitasnya rendah.

Dari uraian di atas dapat diperbandingkan antara pengertian budi daya padi ramah lingkungan dengan budi daya padi berkelanjutan sebagaimana disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Dalam praktik, usaha pertanian dengan pendekatan lingkungan dan usaha pertanian dengan pendekatan produksi memang sering berseberangan (Sumarno dkk., 2007). Namun, pertanian modern di sebagian besar negara maju telah mengakomodasi aspek lingkungan dalam pilihan teknologinya, tanpa harus mengorbankan produktivitas dan pertimbangan keuntungan ekonomis. Rumusan *good agriculture practices* (GAP) dan *better management practices* (BMP) yang telah diterapkan pada beberapa komoditas, pada dasarnya adalah teknik budi daya pertanian yang produktif, ekonomis, ekologis, dan berkelanjutan.

Tujuan yang terfokus hanya pada salah satu sasaran lingkungan atau produksi akan menumbuhkan konflik. Perbedaan pendekatan antara fokus minat lingkungan dengan fokus terhadap produktivitas menurut Runge (1992) terlihat dari sembilan komponen (Tabel 3).

Tabel 1. Persamaan budi daya padi ramah lingkungan dengan budi daya padi berkelanjutan

Kriteria	Uraian
Tujuan	- Pemeliharaan kelestarian mutu sumber daya dan lingkungan.
Penggunaan sarana	- Tidak mengakibatkan cemaran residu
Prinsip pengelolaan lingkungan.	- Pengelolaan berkeselimbangan ekobiologis dan pendauran hara secara biologis.
Cakupan objek	- Individu usaha tani atau hamparan
Sasaran pokok	- Mutu dan keseimbangan lingkungan

Tabel 2. Perbedaan prioritas dalam budi daya padi ramah lingkungan (RL) dan pertanian padi berkelanjutan (BK)

Kriteria	Budi daya padi RL	Budi daya padi BK
Fokus perhatian	Ekologi lingkungan	- Produksi berkelanjutan
Tujuan utama	Mutu lingkungan	- Produksi optimal
Penggunaan sarana	Berasal dari bahan setempat	- Tergantung kebutuhan dapat dari luar usaha tani
Pemahaman tindakan	Sering bersifat ekstrim menolak <i>input</i> anorganik	- Penggunaan <i>input</i> organik dan anorganik secara rasional
Sifat teknik budi daya	Masukan rendah-berkelanjutan	- Masukan optimal-berkelanjutan
Orientasi produksi	Kecukupan keluarga	- Optimali keuntungan ekonomis
Contoh aplikasi	Pertanian <i>input</i> organik, SRI, LEISA	- Teknologi Revolusi Hijau Ekologis, PTT

Tabel 3. Perbedaan sudut pandang antara peminat lingkungan dengan pembina produksi dalam pembangunan

Komponen	Pembina Produksi Pertanian	Peminat Lingkungan
Objek perhatian	Lahan sebagai media produksi	Lahan sebagai bagian lingkungan.
Dasar pemikiran	Lahan terbatas, produksi pangan defisit, penduduk bertambah.	Mutu lingkungan berubah, degradasi mutu lingkungan
Orientasi	Kecukupan produksi pangan	Kecukupan pangan rumah tangga.
Tujuan produksi	Maksimalisasi produksi	Kelestarian lingkungan.
Status lahan	Faktor produksi yang terbatas	Komponen ekologi.
Prioritas	Kecukupan pangan	Mutu lingkungan.
Pilihan teknologi	Optimal bagi media tanaman	Memanfaatkan kapasitas yang ada.
Justifikasi tindakan	Optimalisasi produksi dan keberlanjutan.	Penyelamatan terhadap kerusakan lingkungan.
Sikap pandangan	Optimis sumber daya dapat dilestarikan.	Kekhawatiran berlebihan tentang kerusakan sumber daya lahan.

Sumber: diadopsi dari C.F. Runge, 1992

2.3 Usaha Tani Padi Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan

Usaha produksi padi di Indonesia memiliki fungsi pencukupan pangan nasional yang pada saat ini masih belum terpenuhi. Program pembangunan pertanian di bidang tanaman pangan, khususnya padi, bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dari lahan pertanian yang ada. Oleh karena itu, budi daya padi tidak semata-mata dibina untuk memenuhi persyaratan ramah lingkungan dan kelestarian lingkungan tetapi terutama ditujukan untuk peningkatan produktivitas, pencegahan dari kerusakan oleh serangan hama penyakit, dan stabilitas produksi pada tingkatan produktivitas yang tinggi.

Usaha tani padi ramah lingkungan sering dimaknai secara ekstrim sebagai pertanian berorientasi lingkungan dengan mengorbankan tujuan memperoleh produktivitas tinggi. Sebaliknya, usaha tani yang berorientasi pada target produktivitas tinggi sering mengabaikan persyaratan mutu lingkungan dan keberlanjutan. Dalam praktik budi daya padi oleh masyarakat petani, dua hal ekstrim tersebut terjadi. Aktivis lingkungan membina kelompok yang setuju dengan teknik budi daya yang lebih berorientasi lingkungan, sedangkan Dinas Pertanian dan petugas penyuluhan yang mengemban tugas pemenuhan target produksi, membina petani yang berorientasi pada produktivitas maksimal.

Agar tidak terjadi polarisasi tujuan yang bertentangan, yang masing-masing memiliki alasan pembenaran yang cukup kuat, diperlukan penggabungan dua kepentingan tersebut dalam konsep *Budi Daya Padi Ramah Lingkungan dan Berkelanjutan*. Dengan penggabungan dua kepentingan tersebut maka usaha produksi (budi daya) padi ramah lingkungan dan berkelanjutan mencakup aspek mutu lingkungan, mutu produk panen, keamanan konsumsi produk, produktivitas, kelayakan ekonomi, dan keberlanjutan sistem produksi.

Dengan memerhatikan persyaratan tersebut maka budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan didefinisikan sebagai praktik budi daya padi yang berorientasi kepada produktivitas tinggi dan layak ekonomi, disertai penerapan komponen teknologi secara rasional yang berdampak aman terhadap lingkungan serta **menunjang keberlanjutan sistem produksi**.

Keberhasilan penerapan konsep budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan sangat bergantung pada kesadaran petani dalam memilih komponen teknologi dan menerapkannya di lapangan. Namun, yang sangat diperlukan adalah rumusan teknologi yang tepat oleh para ahli untuk memenuhi definisi tersebut. Pada dasarnya budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan bukan merupakan pilihan tindakan kompromi antara produktivitas dengan mutu lingkungan, tetapi lebih berupa pemilihan secara tepat dan rasional sarana produksi dan teknik penerapannya agar dapat memenuhi sasaran yang diinginkan.

3. PENDEKATAN

Budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan merupakan sasaran yang bersifat dinamis dan berdimensi jangka panjang secara sinambung. Walaupun kriteria dapat disusun untuk mengetahui tercapai tidaknya sasaran tersebut, tetapi sukar dibuat indikasi kuantitatif secara lengkap tentang kondisi ramah lingkungan dan berkelanjutan. Sebagai kontra indikasi keramahan lingkungan dan keberlanjutan budi daya padi sawah antara lain ditemuinya satu atau lebih kondisi berikut:

- (1) Terdapatnya cemaran residu pestisida dan *input* agrokimia lainnya yang melebihi ambang batas maksimum, pada lahan, hewan/ternak, pekerja usaha

tani, budi air (air permukaan, air mengalir, air tanah, dan air bendungan), dan hasil panen.

- (2) Menurunnya keragaman genetik dan keanekaragaman hayati sekunder lingkungan sawah yang berakibat tiadanya keseimbangan ekobiologis.
- (3) Menurunnya kesuburan kimiawi, biologis, dan fisik lahan sawah, yang berakibat menurunnya produktivitas lahan, atau perlunya penggunaan *input* yang lebih banyak untuk memperoleh produksi yang konstan.
- (4) Semakin tingginya risiko tanaman padi terhadap cekaman biotik dan abiotik yang berakibat rendahnya stabilitas produksi, atau rawan terhadap gagal panen.
- (5) Menurunnya kemampuan sumber daya lahan untuk memberikan hasil panen secara optimal dan menguntungkan secara ekonomis, serta berakibat pada kondisi rawan pangan tingkat lokal maupun nasional.

Kondisi tersebut masing-masing terjadi secara gradual sehingga pada proses berjalannya waktu yang dapat diamati adalah gejalanya. Budi daya padi yang dinyatakan tidak ramah lingkungan dan tidak berkelanjutan akan bergantung pada penetapan toleransi atau ambang batas gejala masing-masing kondisi tersebut oleh petani yang bersangkutan.

Indikasi lain bahwa budi daya padi bersifat ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah berfungsi tidaknya hamparan tanaman padi terhadap pemeliharaan ekosistem, yaitu (Bouman *et al.*, 2007): (1) merupakan habitat alamiah secara sinambung bagi burung, ikan, ular sawah, dan hewan lainnya; (2) berfungsi sebagai pemasok dan pemelihara permukaan air tanah di pedesaan setempat; (3) pengendali dan pengurangan bahaya banjir; (4) pengendali erosi permukaan; (5) pencuci kandungan garam yang tinggi dari tanah; (6) berfungsi sebagai penyaring air; (6) mengikat gas karbon; dan (7) mengatur suhu dan kelembapan iklim mikro setempat.

Kegagalan salah satu atau lebih dari tujuh fungsi pemeliharaan ekosistem tersebut juga dapat diartikan sebagai budi daya padi sawah tidak ramah lingkungan dan tidak berkelanjutan. Dalam praktik tentu tidak mudah untuk memenuhi ketujuh persyaratan karena tujuh fungsi ekosistem tersebut tidak merupakan tujuan budi daya padi. Apalagi sering terjadi kegagalan panen padi dapat disebabkan oleh faktor alam yang tidak dapat dikendalikan oleh pelaku usaha tani, seperti anomali iklim, angin kencang yang mengakibatkan tanaman rebah, banjir, dan kerusakan prasarana irigasi oleh bencana alam.

Kondisi sosial-ekonomi masyarakat pelaku usaha tani padi juga sangat berpengaruh terhadap tingkat capaian mutu ramah lingkungan dan berkelanjutan. Kekurangan tenaga kerja dan permodalan menyebabkan mutu pengelolaan sumber daya dan tanaman, seperti tidak mampu mengelola limbah panen/jerami secara benar, penyiapan lahan kurang optimal, dan takaran pupuk tidak optimal. Oleh karena itu, strategi pendekatan menuju budi daya padi ramah lingkungan

dan berkelanjutan selain ditentukan oleh kondisi agroekologi spesifik, juga oleh kondisi sosial-budaya dan ekonomi masyarakat petani setempat.

Berikut ini dibahas beberapa konsep pendekatan menuju kondisi budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

3.1 Agroekoteknologi

Konsep agroekoteknologi yang diajukan oleh Sumarno dan Suyamto (1998) didasari oleh ekoteknologi yang dicetuskan oleh Swaminathan (1997), yaitu teknologi yang berakar dari penerapan prinsip ekologi, ekonomi, dan keadilan. Ekoteknologi akan memberikan *ecojobs*, yaitu lapangan pekerjaan dan profesi yang secara ekonomi layak, secara lingkungan menyenangkan, dan secara sosial bersifat adil. Ekoteknologi ditujukan untuk memberikan solusi kerusakan lingkungan yang diakibatkan oleh interaksi empat faktor, yaitu pertambahan penduduk yang tinggi, cara penggunaan dan konsumsi bahan mentah yang boros, teknologi yang bersifat eksploitatif-destruktif, dan kebijakan/peraturan pemerintah yang tidak tepat atau tidak konsisten. Swaminathan (1997) menganjurkan bahwa awal abad XXI harus merupakan abad konservasi sumber daya dan lingkungan dengan kriteria yang lebih luas mencakup kependudukan, lapangan kerja, teknologi, lingkungan, ekonomi, sosial dan keadilan, apabila manusia ingin menjamin keberlanjutan kehidupan dalam jangka panjang.

Agroekoteknologi untuk budi daya padi sawah adalah penerapan pilihan komponen teknologi adaptif yang dapat memberikan produktivitas optimal dan ekonomis, sekaligus dibarengi oleh upaya perawatan, peningkatan dan pelestarian sumber daya pertanian, menuju keseimbangan ekologi.

Jabaran agroekoteknologi untuk budi daya padi sawah, antara lain adalah berupa tindakan berikut:

- (1) Usaha produksi padi harus terpadu dengan sistem pelestarian dan peningkatan mutu dan kesuburan sumber daya pertanian.
- (2) Menekankan terjadinya daur ulang hara tanaman yang seimbang dalam usaha tani padi sehingga tidak terjadi penambangan dan eksploitasi hara dari lahan sawah.
- (3) Peningkatan keragaman genetik tanaman melalui penanaman multivarietas, pergiliran varietas, dan peningkatan keanekaragaman hayati fauna-flora-mikroba ekologi lahan sawah.
- (4) Penggunaan bahan anorganik sebagai sarana produksi difungsikan sebagai masukan pelengkap.
- (5) Penerapan sistem usaha tani intensif terpadu (*integrated intensive farming system*) yang menekankan pentingnya pergiliran tanaman, manajemen produksi dan pemasaran, standar mutu produksi, dan penggunaan sarana produksi secara rasional menuju efisiensi.

Ditekankan bahwa penerapan agroekoteknologi harus serasi dengan teknologi pertanian maju, mengoptimalkan produktivitas dan pendapatan petani, serta menjaga kelestarian sumber daya lahan. Tindakan operasional agroekoteknologi perlu menyesuaikan dengan kondisi agroekosistem setempat, antara lain: (a) penggunaan varietas unggul adaptif; (b) pergiliran varietas; (c) penanaman varietas yang beragam pada satu hamparan; (d) penggunaan bahan organik untuk perbaikan kesuburan tanah; (e) pergiliran tanaman untuk penyehatan lahan; (f) penerapan usaha tani tanaman ternak-ikan secara terpadu; (g) pengendalian OPT sesuai prinsip PHT; dan (h) pemupukan secara rasional berdasarkan ketersediaan hara dalam tanah dan kebutuhan hara tanaman untuk memperoleh hasil panen secara ekonomis.

Pada dasarnya, agroekoteknologi adalah penerapan teknologi pertanian maju dalam budi daya padi sawah yang mempersyaratkan kelestarian lingkungan dan sumber daya pertanian.

3.2 Budi Daya

Budi daya padi sawah ramah lingkungan menekankan pada aspek produksi yang bersifat ekologis, sehat, produk panen aman konsumsi, dan sistem produksi berkelanjutan. Budi daya padi ramah lingkungan dapat diterapkan oleh individu petani pada lahan usaha taninya sendiri, atau oleh seluruh petani pada satu hamparan. Dalam konteks penerapan PHT, usaha tani padi ramah lingkungan lebih efektif apabila diterapkan pada lahan sawah satu hamparan. Budi daya padi ramah lingkungan tidak berkaitan dengan pertanian tradisional atau pertanian maju, tetapi dalam kenyataannya pertanian maju berpotensi lebih tinggi tidak ramah lingkungan karena digunakannya sarana produksi sintetis yang residunya dapat mencemari lingkungan dan produk panen.

Budi daya padi ramah lingkungan menekankan pada pemilihan jenis sarana produksi yang tidak mencemari lingkungan dan teknik penggunaannya tidak mengakibatkan terjadinya kerusakan mutu lingkungan. Kriteria budi daya padi ramah lingkungan meliputi hal-hal berikut (Sumarno dkk., 2000):

- (a) Produk panen tidak tercemar oleh residu bahan berbahaya dan beracun (B3) yang berasal dari sarana produksi.
- (b) Pelaku usaha tani tidak terpapar pada B3 yang berasal dari proses usaha tani.
- (c) Lingkungan, sumber daya lahan dan air, serta ternak/hewan/ikan tidak tercemar oleh residu dan limbah B3 yang berasal dari proses usaha tani.
- (d) Keseimbangan ekobiologis fauna, flora, dan mikroba sebagai komponen ekosistem terpelihara.
- (e) Keanekaragaman hayati sekunder pada ekosistem lahan sawah terpelihara, dan keragaman genetik tanaman yang dibudidayakan dipertahankan.

- (f) Tidak terjadi akumulasi serangga, hama, dan patogen yang mengakibatkan terjadinya epidemi hama penyakit secara eksplosif, oleh keberadaan populasi yang tinggi dari parasit, pemangsa, dan pesaing.
- (g) Tidak terjadi pembentukan senyawa gas rumah kaca yang melebihi ambang batas yang diperkenankan.
- (h) Mutu lingkungan dan sumber daya pertanian terpelihara dan terlestarikan.

Budi daya padi ramah lingkungan dapat didefinisikan sebagai teknik budi daya padi menggunakan sarana produksi yang bersifat aman terhadap lingkungan dalam arti luas serta menerapkan teknologi serasi dengan lingkungan yang ditujukan untuk memperoleh produk panen yang bebas cemaran residu dan aman dikonsumsi.

Berbagai tindakan operasional yang termasuk ke dalam budi daya padi ramah lingkungan adalah: (a) penanaman varietas unggul adaptif tahan hama penyakit; (b) penggunaan pupuk anorganik dan organik dengan takaran dan teknik pemberian yang tepat sehingga tidak terdapat cemaran residu; (c) pemilihan pestisida, herbisida yang mudah terdegradasi agar tidak terjadi pencemaran residu; (d) pergiliran varietas dan rotasi tanaman; (e) pengendalian OPT sesuai dengan prinsip PHT; dan (f) mengutamakan penggunaan sarana produksi yang berasal dari dalam usaha tani sehingga terjadi sistem usaha tani nirlimbah.

Pertanian tradisional yang belum menerapkan teknologi maju dan tidak menggunakan sarana produksi sintetis pada umumnya lebih ramah lingkungan. Akan tetapi, pertanian tradisional yang diterapkan dengan membakar hutan, pertanian pada lahan miring dengan kecuraman lebih dari 40% tidak dapat dikatakan ramah lingkungan. Pertanian lahan sawah secara tradisional yang tidak menggunakan pupuk anorganik dan pestisida sintetis kemungkinan besar bersifat ramah lingkungan, namun produktivitasnya kurang optimal.

3.3 Teknologi Revolusi Hijau Lestari

Teknologi Revolusi Hijau (TRH) yang telah diadopsi sejak 1967/68 telah terbukti meningkatkan produksi beras nasional lebih dari 300%, dari total 8 juta ton pada awal tahun 1960-an, menjadi 32 juta ton pada tahun 2000-an (Deptan, 2005). Namun, segolongan masyarakat mengkhawatirkan dampak negatif teknologi TRH terhadap mutu lingkungan dan keberlanjutan produksi seperti juga yang diakui oleh IRRI (2004).

Teknologi Revolusi Hijau Lestari (TRHL) dimaksudkan untuk memberikan perbaikan terhadap TRH agar bersifat tetap produktif, ramah lingkungan, dan menguntungkan dari segi ekonomi. TRHL juga dimaksudkan tetap dapat mencukupi produksi beras bagi kebutuhan pangan nasional. Sumarno (2007) menginventarisasi beberapa kekeliruan teknis dalam penganjuran TRH, yaitu:

(1) anjuran penggunaan pupuk tidak menyertakan pupuk organik secara tegas; (2) anjuran varietas unggul bersifat nasional, bukan varietas unggul untuk agroekologi spesifik; (3) pupuk anorganik dijadikan sumber hara utama bukan sebagai suplementasi; (4) pengendalian hama penyakit mengandalkan pestisida; (5) penyediaan benih oleh perusahaan benih mendasarkan pangsa pasar varietas populer sehingga tidak mendidik petani melakukan rotasi varietas; (6) belum ada pedoman budi daya baku yang mencakup aspek kelestarian lingkungan, kelestarian keanekaragaman hayati, dan keberlanjutan produksi; (7) belum ada pendidikan petani tentang pentingnya berusaha tani padi secara ekologis dan berkelanjutan; dan (8) petani tidak dipersiapkan secara teknis-ilmiah dalam mengadopsi TRH.

Teknologi Revolusi Hijau Lestari didefinisikan sebagai perpaduan seluruh komponen teknologi untuk budi daya padi lahan sawah yang sinergis untuk mengoptimalkan produktivitas, memelihara kelestarian lingkungan, dan keanekaragaman hayati, serta memperoleh sistem produksi berkelanjutan (Sumarno, 2007).

Rumusan paket TRHL berbeda antaragroekologi. Secara umum, komponen yang perlu diperhatikan dalam menyusun TRHL meliputi: (1) pola dan pergiliran tanaman yang memungkinkan mengurangi sumber penularan OPT; (2) penanaman varietas unggul adaptif tahan OPT secara bergantian antarmusim; (3) penyiapan lahan secara optimal terkait dengan kedalaman lumpur, drainase, bebas gulma, dan mutu pelumpuran; (4) pengayaan kandungan bahan organik dalam tanah; (5) penyehatan ekologi dan kondisi lingkungan fisik lahan sawah; (6) penyediaan hara secara optimal; (7) pengendalian terpadu terhadap hama-penyakit-gulma; (8) penyediaan, pemeliharaan dan pemanfaatan sumber air secara bijaksana, efektif-efisien; dan (9) peningkatan pengetahuan dan kesadaran petani terhadap aspek produksi, lingkungan, dan keberlanjutan produksi.

TRHL dapat segera diterapkan dengan mengidentifikasi teknologi yang didasari hasil pengkajian terhadap permasalahan dan kekurangan dari penerapan teknologi di setiap agroekologi disertai dengan perbaikan komponen teknologi yang belum optimal. TRHL dapat disebut sebagai “teknologi budi daya padi maju ramah lingkungan dan berkelanjutan”. Penerapan TRHL diharapkan meniadakan kritik terhadap budi daya padi yang diterapkan selama ini dari aspek kekhawatiran lingkungan dan keberlanjutan.

3.4 Pengelolaan Sumber Daya dan Tanaman Terpadu

Pengelolaan Sumber Daya dan Tanaman Terpadu (PTT) dicetuskan pada Konferensi Kementerian Pertanian dan Lingkungan Hidup Negeri Belanda dengan FAO di Belanda, pada tahun 1991, untuk mengantisipasi menurunnya mutu lingkungan dan keberlanjutan produksi sumber daya pertanian. Konsep ini

menekankan pentingnya usaha pertanian berdasarkan pendekatan pengelolaan sumber daya pertanian yang lestari. PTT atau *integrated crop management* (ICM) merupakan upaya penyempurnaan konsep PHT atau *integrated pest management* (IPM). Titik berat konsep PHT adalah pengelolaan hama; penggunaan benih sehat, varietas unggul, teknik budi daya optimal dan tindakan lainnya seolah bertujuan agar hama dapat terkendalikan dengan baik. Dengan konsep PTT, tujuan utama dari tindakan pengelolaan sumber daya dan tanaman adalah keuntungan ekonomis dan produktivitas yang optimal, disertai pemeliharaan lingkungan sumber daya pertanian. Fliert (1999) memberi definisi PTT sebagai “pendekatan pelaksanaan usaha pertanian dengan memerhatikan keseimbangan antara tujuan ekonomi usaha pertanian dengan mutu lingkungan untuk menjamin keberlanjutan”.

Penyediaan teknologi pada PTT perlu mempertimbangkan karakteristik agroekologi, disertai pemaduan teknologi asli pedesaan dengan teknologi maju. Secara umum Sumarno dan Suyamto (1998) memberikan definisi PTT yang bertitik tolak dari tujuannya, yaitu “sistem pengelolaan tanaman yang bertujuan untuk memperoleh kepastian keberhasilan panen dengan produktivitas optimal, penggunaan masukan sarana produksi efisien, dan menjaga kelestarian lingkungan”. Komponen yang disarankan sebagai pelaksanaan PTT meliputi: (1) pemilihan komoditas adaptif sebagai komponen pola pergiliran tanaman; (2) pemilihan varietas unggul adaptif; (3) pergiliran tanaman yang dapat mengurangi insiden hama penyakit dan dapat menambah kesuburan tanah; (4) pengelolaan tanah, hara tanaman, air, dan tanaman secara optimal; (5) pengendalian hama penyakit sesuai prinsip PHT; (6) penanganan pascapanen secara optimal guna memperoleh produk bermutu tinggi dan keuntungan yang wajar.

Dua definisi tersebut menekankan konsep PTT perlu mempertimbangkan kesesuaian antara komoditas yang ditanam dengan kemampuan lahan/sumber daya pertanian, dibarengi dengan tindakan teknik budi daya secara optimal, termasuk memanfaatkan teknologi asli pedesaan, guna memperoleh produktivitas optimal, menguntungkan, dan berkelanjutan.

PTT pada tanaman padi di Indonesia mulai dirintis sejak 1999. Konsep PTT pada tanaman padi (sawah) ditujukan untuk melestarikan sistem produksi padi, dengan produktivitas yang semakin meningkat, dan biaya produksi yang lebih efisien sehingga petani memperoleh pendapatan yang tinggi (Kartaatmaja dan Fagi, 2000). Berdasarkan rumusan tujuan PTT tersebut, dalam sistem produksi padi sawah perlu memerhatikan: (1) harmonisasi antara tujuan produksi, keuntungan ekonomi, pelestarian lingkungan dan tata tanam, dengan sasaran usaha tani; (2) tata tanam secara tepat sehingga mampu mempertahankan/meningkatkan mutu tanah, mengendalikan jasad pengganggu, memperoleh produksi yang tinggi, dan meningkatkan pendapatan petani; (3) produksi dan keuntungan yang tinggi tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

Atas dasar pertimbangan tiga hal tersebut maka pelaksanaan operasional PTT pada wilayah agroekologi spesifik menurut Kartaatmadja dan Fagi (2000) harus meliputi empat langkah sebagai berikut: (1) identifikasi masalah pada suatu wilayah agroekologi; (2) identifikasi ketersediaan dan karakterisasi sumber daya pertanian dan lingkungan secara fisik dan hayati; (3) identifikasi teknologi yang tersedia, termasuk teknologi petani; (4) mempelajari keterkaitan dan sinergi antara teknologi dengan tujuan usaha tani dan sosial, ekonomi, dan budaya petani. Dengan menerapkan empat langkah tersebut maka teknologi-teknologi yang dipilih dan diterapkan menjadi sinergis, mencakup perbaikan kesuburan tanah, penyediaan unsur hara secara optimal, penggunaan air irigasi secara efisien, penggunaan benih bermutu, varietas unggul adaptif, pengendalian OPT secara efektif ekologis, pengelolaan tanaman secara optimal, pelestarian lingkungan, dan tujuan ekonomi usaha tani.

Dalam perkembangan selanjutnya, PTT dimaknai sebagai “pemaduan dan penerapan berbagai komponen praktik manajemen padi sawah yang terbaik, guna mengoptimalkan produktivitas dan keuntungan petani” (Balasubramanian *et al.*, 2006). Secara operasional-praktis PTT juga dimaknai sebagai “pengintegrasian teknologi yang serasi yang dapat memenuhi kebutuhan petani, meningkatkan produktivitas dan pendapatan petani”. Untuk memenuhi kriteria dan tujuan dalam PTT tersebut, ditawarkan dua set pilihan teknologi, yaitu (1) teknologi inti (komponen teknologi yang terbukti menunjukkan keragaan bagus secara konsisten pada berbagai lingkungan) seperti varietas unggul adaptif, benih bermutu tinggi, bibit sehat, kecukupan hara tanaman, PHT; dan (2) teknologi lokasi spesifik (komponen teknologi yang bersifat bagus hanya pada agroekologi spesifik) seperti: jarak tanam, pengairan secara gilir-giring (*intermittent irrigation*), dan penambahan bahan organik ke dalam tanah.

Abdulrachman dkk. (2007) memberikan makna PTT sebagai pendekatan pengelolaan sumber daya, lahan, air dan tanaman dengan sebaik-baiknya, dengan memanfaatkan teknologi tersedia yang saling sinergis, sesuai dengan lingkungan fisik, sosial-ekonomi petani, di mana petani sebagai pengguna berpartisipasi dalam pemilihan teknologi. Dengan pemaknaan tersebut, PTT diterapkan bukan sebagai rekomendasi teknologi umum atau bersifat nasional, tetapi petani bebas memilih dan menerapkan teknologi yang paling sesuai dengan kondisi agroekologi spesifik, komponen-komponen teknologi diupayakan sinergis, efisiensi produksi dan produktivitas diutamakan.

Berdasarkan rumusan pilihan komponen teknologi untuk PTT seperti yang diajukan oleh Abdulrachman dkk. (2007), PTT dapat dipandang sebagai pengelolaan usaha tani padi sawah untuk efisiensi sarana produksi, peningkatan produktivitas dan keuntungan petani, namun secara eksplisit dan operasional belum menangani aspek lingkungan dan keberlanjutan. Tujuan pelestarian lingkungan dan keberlanjutan diposisikan sebagai dampak harapan dari PTT,

tetapi tidak dirancang secara sengaja dengan penerapan teknologi tertentu. Dalam operasionalisasinya, PTT juga belum secara spesifik mempersyaratkan kriteria yang berkaitan dengan mutu dan kelestarian lingkungan serta keberlanjutan. Oleh karena hal tersebut, rumusan operasional PTT pada padi sawah akan dapat memenuhi tujuan konsep PTT aslinya, apabila kriteria mutu lingkungan sawah dan keberlanjutan sistem produksi dapat dibuat. Dengan kriteria tersebut maka dalam penyusunan pilihan teknologi diutamakan teknologi yang berdampak terhadap pelestarian lingkungan dan keberlanjutan.

3.5 Pertanian *Input* Organik, LEISA, dan SRI

Kekhawatiran akan dampak negatif penerapan Teknologi Revolusi Hijau terhadap kelestarian lingkungan dan keberlanjutan sistem produksi ditanggapi secara ekstrim oleh segolongan masyarakat. Di antara golongan masyarakat pertanian yang menyatakan paling memerhatikan aspek lingkungan sumber daya pertanian adalah kelompok penganjur dan pengikut pertanian *input* organik (PIO), *low external input sustainable agriculture* (LEISA), dan *system of rice intensification* (SRI). Walaupun ada perbedaan, ketiga rumusan teknik budi daya tersebut memiliki persamaan mendasar yang berorientasi pada kelestarian lingkungan, yaitu: (1) lebih mengutamakan penanaman varietas lokal adaptif; (2) petani didorong untuk memproduksi benih sendiri; (3) menggunakan sarana produksi organik yang berasal dari lingkungan usaha tani setempat; (4) menghindarkan penggunaan *input* anorganik yang berasal dari luar usaha tani; (5) mengutamakan terjadinya daur ulang hara tanaman dalam usaha tani.

Amani Organik (2003) memberi definisi pertanian *input* organik sebagai “Sistem manajemen produksi secara ekologis (serasi dengan alam), yang mendukung keragaman hayati (*biodiversity*), daur biologis dan aktivitas biologis dalam tanah, meminimumkan penggunaan masukan luar bahan sintesis seperti: pupuk, pestisida, herbisida, serta berdasarkan pada praktik manajemen yang dapat mengembalikan, menjaga, dan mendorong terciptanya keharmonisan alam (*ecological harmony*)”.

Fokus tujuan penerapan PIO, seperti dalam definisi tersebut, adalah diperolehnya lingkungan ekologis tetapi kurang mementingkan aspek produktivitas, keuntungan ekonomis, daya saing, dan kesadaran ketahanan pangan regional maupun nasional. Dengan menerapkan PIO maka teknik budi daya padi kembali ke teknologi tahun 1960-an, sebelum ada teknologi Revolusi Hijau. Kelemahan yang mungkin dialami dari PIO adalah produktivitas padi tidak optimal dan cenderung rendah, riskan terhadap bahaya serangan hama penyakit, dan belum tentu berkelanjutan. Jika hanya menggunakan pupuk organik pada padi sawah maka tanaman berpotensi kahat P (fosfat) pada tanah yang kandungan P-asli tanahnya rendah sehingga berakibat tidak berkelanjutan.

Manfaat PIO terhadap ekologi, keanekaragaman hayati, terjadinya daur biologis dalam tanah dan terjadinya keharmonisan alam, secara mikro (*in situ*) kemungkinan dapat dicapai. Demikian juga kualitas produk panen yang aman konsumsi dan tidak ada cemaran residu pestisida mestinya dapat diperoleh dari PIO. Penerapan PIO oleh individu petani tentu dapat dianjurkan, terutama bagi petani yang skala usahanya cukup luas sehingga tidak khawatir akan kekurangan produksi pangan. Namun secara nasional, PIO tidak bijaksana untuk dianjurkan karena akan berdampak terhadap kekurangan dalam penyediaan pangan nasional.

LEISA sebenarnya tidak berbeda dengan pertanian *input* organik. “Aliran” pertanian ini menekankan pada penggunaan sarana produksi yang berasal dari lingkungan usaha tani setempat, menerapkan prinsip daur ulang tanpa limbah. Pemeliharaan ternak dan atau ikan pada lingkungan usaha tani sangat dianjurkan pada LEISA.

Terjemahan LEISA adalah pertanian rendah masukan luar dan berkelanjutan (PRMLB). Konsekuensi dari teknologi PRMLB adalah varietas yang ditanam harus varietas lokal adaptif berdaya hasil rendah, tidak memerlukan masukan hara tinggi, lebih toleran terhadap hama penyakit sehingga tidak memerlukan aplikasi pestisida.

Manfaat PRMLB antara lain adalah: (1) tidak bergantung pada subsistem pertanian di luar usaha tani, seperti industri pupuk, pestisida, herbisida sehingga biaya usaha tani lebih murah; (2) tidak terjadi cemaran residu bahan kimia beracun yang berasal dari pestisida; (3) usaha pertanian diharapkan lebih berkelanjutan karena tidak bersifat eksploitatif dalam penggunaan hara. Pada tanah yang subur, seperti lahan di sekitar gunung berapi, dengan kandungan hara mineral yang cukup, PRMLB diharapkan bersifat berkelanjutan, tetapi pada tanah miskin hara mineral, seperti pada tanah ultisol, PRMLB tidak dapat diharapkan bersifat berkelanjutan.

Kelemahan dari PRMLB adalah: (1) produktivitas tidak dapat optimal (tinggi); (2) riskan terhadap serangan hama penyakit; (3) belum tentu memberikan keuntungan ekonomi yang lebih tinggi; (4) belum tentu bersifat berkelanjutan; (5) tidak mendukung program kecukupan pangan nasional yang berdampak produksi rendah dan harga pangan meningkat.

PRMLB kemungkinan sesuai diterapkan pada usaha tani subsisten, yang tujuannya hanya untuk pencukupan pangan bagi keluarga sendiri. Penganjuran PRMLB secara nasional dikhawatirkan akan berdampak terhadap penurunan produksi padi secara menyeluruh dan kekurangan penyediaan pangan.

SRI pada awalnya dianjurkan bagi petani padi tradisional yang belum maju di Madagaskar yang tingkat produksi padinya masih sangat rendah. Penganjuran SRI didasari oleh biaya produksi yang semakin meningkat, sistem produksi yang semakin tidak berkelanjutan, semakin tinggi kebergantungan budi daya padi pada

masuk bahan kimia, namun harga jual beras semakin murah. Praktik dasar SRI mencakup lima tindakan komponen teknologi, yaitu (1) penanaman bibit umur muda, 8–15 hari; (2) jarak tanam lebar, satu bibit setiap rumpun; (3) dilakukan aerasi tanah secara berkala dengan mengeringkan petakan setiap 3–6 hari tergenang; (4) penyiangan dilakukan sesering mungkin dan difungsikan sebagai perbaikan aerasi tanah; (5) pemupukan menggunakan kompos. Disebutkan bahwa SRI “meningkatkan produktivitas; konservasi air; kesejahteraan petani; keaneka-ragaman hayati; dan mutu lingkungan” (Uphoff dan Gani, 2003; Uphoff dan Satyanarayana, 2007). Penerapan SRI dilaporkan oleh pendukungnya dapat meningkatkan produksi 20%–60%. Akan tetapi, Syam (2006) mengompilasi data keragaan teknik SRI dari banyak negara yang menunjukkan bahwa selain di Madagaskar, produktivitas pada SRI sebagian besar lebih rendah, berkisar antara -1% sampai -61% dibanding produktivitas padi dengan budi daya konvensional terbaik. Disimpulkan bahwa SRI kurang tepat untuk dianjurkan secara luas karena tidak terbukti memberikan hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil panen dari teknologi yang sudah dipraktikkan petani selama ini.

3.6 *Good Agriculture Practice*

Good agriculture practice (GAP) mulai diperkenalkan kepada dunia usaha pertanian pada tahun 1990-an, ditujukan untuk memproduksi komoditas pertanian secara ekologis (ramah lingkungan), berkelanjutan, aman dikonsumsi, memberikan kesejahteraan terhadap pekerja pertanian, dan produk dapat ditelusuri asal-usulnya. GAP di negara Uni Eropa disusun oleh pedagang pemasok (*supplier*) dan pengusaha *supermarket*, yang mempunyai kepentingan agar diperoleh jaminan bahwa produk yang mereka jual aman konsumsi, dapat dirunut asal-usulnya bila terjadi pengaduan dari konsumen, dan diproduksi secara ramah lingkungan.

GAP diterjemahkan dengan istilah yang berbeda-beda, di Malaysia disebut *skema akreditasi ladang Malaysia* (SALM), di Australia *fresh care* atau *quality assurance scheme*, di New Zealand *approved supply program*, di Inggris *assured produce scheme*, dan di negara Uni Eropa *eurep GAP*. Di Indonesia GAP diterjemahkan sebagai norma budi daya yang benar (Anonim, 2003), atau panduan budi daya yang baik, panduan budi daya yang benar atau praktik bertani yang benar (Anonim, 2004). Istilah GAP bukan merupakan pedoman teknis cara budi daya (*culture method*), tetapi lebih bersifat mengatur, memberi rambu dan ketentuan bagaimana budi daya yang boleh dan tidak boleh dilakukan.

Hingga saat ini GAP baru diterapkan pada komoditas sayuran segar, buah, dan bunga/tanaman hias. Untuk tanaman padi dan sereal lain belum ada negara yang menerapkan ketentuan sejenis GAP dalam proses produksinya. Sumarno (2006) membahas untung rugi penerapan GAP pada tanaman pangan, dan berpendapat bahwa GAP belum waktunya diterapkan pada tanaman padi atau komoditas biji-bijian lain karena proses pengolahan dan pemasaran produknya disatukan sehingga apabila diinginkan untuk penelusuran asal usul produk, seperti salah satu tujuan GAP, sukar dilakukan. Di negara maju telah diterapkan semacam GAP untuk tanaman kedelai yang disebut sebagai *round table on responssible soybean* (RTRS), dan pada kapas sebagai *better cotton initiative* (BCI) (Quirk *et al.*, 2007).

Ketentuan pada Eurep GAP yang harus dipenuhi oleh petani produsen terdiri atas 47 butir ketentuan wajib, 96 ketentuan keharusan yang minimal 95% perlu dipenuhi, dan 68 ketentuan perlu diperhatikan. Objek yang diatur atau dikenai ketentuan antara lain lahan, benih, varietas, pupuk, obat-obatan, sumber air, tindakan pelestarian lahan, cara membuang sisa pestisida, cara panen dan prosesing, kesehatan lingkungan, kesejahteraan pekerja, dan limbah panen.

Departemen Pertanian mengadopsi GAP untuk tanaman buah yang disebut panduan budi daya buah yang benar (PBBB) yang terdiri atas 11 ketentuan wajib, 110 ketentuan sangat dianjurkan, dan 55 ketentuan anjuran operasional (Anonim, 2004). Objek aturan dalam PBBB meliputi: (1) pemilihan lokasi dan lahan, (2) varietas dan bibit, (3) penanaman, (4) pupuk, (5) pengendalian OPT dan jenis pestisida, (6) air pengairan, (7) pengelolaan tanaman, (8) panen, (9) penanganan pascapanen, (10) penggunaan alsintan (alat mesin dan pertanian), (11) pelestarian lingkungan, (12) keselamatan tenaga kerja, (13) kebersihan dan sanitasi, (14) pencatatan dan pengawasan.

GAP sebagai perangkat lunak dalam usaha pertanian komersial, sebagaimana halnya usaha tani padi komersial, memiliki banyak manfaat bagi petani, pedagang, konsumen, dan masyarakat umum.

Manfaat GAP bagi petani produsen:

- (1) Petani dibiasakan membuat perencanaan sehingga lebih profesional.
- (2) Sistem produksi ramah lingkungan dan berkelanjutan (dipersyaratkan dalam GAP).
- (3) Teknik dan proses produksi menjadi transparan.
- (4) Produk panen bersertifikat GAP sehingga memudahkan penjualan dan harganya lebih tinggi.
- (5) Petani bertanggung jawab atas mutu produk, keamanan konsumsi produk, dan kelestarian lingkungan.
- (6) Petani memberikan perlindungan dan kesejahteraan bagi pekerja/buruh.
- (7) Produk petani memperoleh kepercayaan konsumen.

Kerugian dan kesulitan yang dialami petani apabila GAP diterapkan adalah: (1) memerlukan disiplin dan ketekunan untuk mencatat semua proses produksi; (2) memerlukan tambahan sarana-prasarana sesuai ketentuan GAP (seperti toilet di sawah, gudang pestisida terpisah dari gudang hasil panen, pekerja mengenakan pakaian kerja yang ditentukan, dan pekerja harus melalui pelatihan-pelatihan dengan bukti sertifikat lulus pelatihan).

Di masa depan, perlu tidaknya ketentuan sejenis GAP untuk tanaman padi perlu dipikirkan karena maksud dan tujuan GAP sangat baik, yaitu mencapai usaha pertanian yang ramah lingkungan, berkelanjutan, produk bermutu dan aman dikonsumsi, pekerja dilindungi, dan bahkan satwa/hewan yang terdapat pada wilayah produksi harus dilindungi.

3.7 Better Management Practices

Better management practices (BMP) atau praktik pengelolaan tanaman yang lebih baik (PPTL) agak berbeda dengan GAP, dari segi penyusun ketentuannya. Pada BMP yang menyusun ketentuan aturan adalah petani produsen, pejabat dinas pertanian/penyuluhan, LSM lingkungan, dan pejabat lingkungan (Kingston *et al.*, 2007). Tujuan penerapan BMP adalah untuk memperoleh sistem produksi yang berkelanjutan dalam lingkungan yang lestari, tetapi menguntungkan bagi pelaku usaha tani, dan memberikan manfaat ekonomi atau dampak kesejahteraan bagi masyarakat sekitar. BMP didasarkan pada tiga pilar usaha pertanian, yaitu: (1) keuntungan ekonomi dari usaha tani; (2) keberlanjutan dan kelestarian mutu lingkungan; dan (3) manfaat sosial ekonomi bagi masyarakat miskin sekitar.

BMP merupakan konsep pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan komoditas perkebunan yang diusahakan dalam skala luas, secara komersial. Komponen dalam usaha pertanian perkebunan meliputi areal usaha yang luas, modal usaha yang besar, penggunaan sumber air dan tata guna air yang cukup besar, tenaga kerja/buruh yang banyak, dan masyarakat (miskin) sekitar usaha perkebunan. Dengan demikian, konsep BMP merupakan misi moral dan etika dalam berusaha. Penerapan BMP secara konsekuen akan membawa dampak positif terhadap pengusaha, masyarakat sekitar, dan lingkungan yang akan menjadikan kondisi lingkungan harmonis dan kondusif untuk pertumbuhan usaha.

Prinsip BMP mencakup komponen: (1) pengelolaan sumber daya lahan dan air; (2) pengelolaan tanaman secara produktif-ekologis; (3) pengelolaan lingkungan, air, dan sistem hidrologi secara lestari; (4) penggunaan air secara efisien; (5) pemeliharaan kesehatan, kesejahteraan, keterampilan, dan keselamatan pekerja; (6) pengelolaan usaha secara profesional untuk memperoleh keuntungan; (7) memberikan kesempatan kerja kepada masyarakat sekitar dengan upah yang layak (Kingston *et al.*, 2007).

Ketentuan dalam BMP merupakan aturan nonformal, yang bersifat “adopsi sukarela”, tanpa sertifikasi seperti pada ketentuan GAP, dan tidak dikaitkan dengan syarat pemasaran. Pelaksanaan BMP merupakan kesepakatan dan kesadaran antara pelaku usaha, dan manfaatnya lebih diutamakan bagi pengembangan usaha milik pelaku. Apabila dikehendaki oleh pelaku usaha, penerapan BMP dapat diaudit oleh asosiasi yang menyusun ketentuan BMP.

BMP kelihatannya sangat baik untuk diterapkan pada usaha padi sawah. Sumarno dkk. (2007) menunjukkan empat manfaat atau tujuan penerapan BMP pada padi sawah, yaitu: (1) agar produktivitas padi optimal dan berkelanjutan; (2) usaha tani padi memberikan keuntungan ekonomi secara wajar; (3) memelihara mutu lingkungan dan kelestarian sumber daya pertanian; dan (4) memberikan dampak ekonomi bagi masyarakat sekitar dan memberikan hak yang layak bagi pekerja.

Ketentuan pada BMP padi sawah perlu disusun bersama para peneliti interdisiplin, pejabat pembina pertanian, penyuluh, ahli lingkungan, dan ahli sosiologi pedesaan sebagai nara sumber. Dalam praktik usaha tani padi sawah pada saat ini, dari empat tujuan/manfaat BMP yang disebutkan di atas, hanya tujuan mutu lingkungan dan kelestarian sumber daya pertanian yang belum dirumuskan persyaratan dan komponen teknologinya secara eksplisit-definitif. Tujuan dampak ekonomi bagi masyarakat sekitar telah terakomodasi dari penyediaan lapangan pekerjaan sebagai pengolah tanah, menanam, menyiang, dan panen. BMP memerhatikan kepentingan kecukupan pangan dan keuntungan ekonomi usaha tani padi saat ini, keberlanjutannya di masa depan, kelestarian mutu lingkungan, dan hubungan harmonis dengan masyarakat sekitar. Kelima tujuan tersebut tidak perlu saling dipertentangkan, tetapi justru perlu ditemukan titik optimalnya. Kalau selama ini perumusan tujuan usaha tani padi hanya lebih menekankan pada satu target (seperti produksi, mutu lingkungan, keberlanjutan, atau keuntungan ekonomi), maka sudah tiba waktunya rumusan tujuan seperti pada BMP diadopsi dan ketentuan BMP yang sesuai bagi agroekologi spesifik disusun bersama.

4. OPERASIONALISASI KONSEP

Budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan bukan merupakan sasaran yang terminal seperti halnya produktivitas tinggi, tetapi bergerak sepanjang waktu. Oleh karena itu, penerapan teknologi untuk menuju kondisi ramah lingkungan dan berkelanjutan, di samping tujuan utama produksi yang tinggi dan keuntungan ekonomi, harus dilakukan sepanjang masa. Komponen-komponen teknologinya bertujuan untuk perbaikan, pemulihan, pencegahan, atau pemeliharaan terhadap berbagai faktor penyusun kondisi ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Penerapan konsep budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan yang telah dibahas di depan tidak bersifat eksklusif atau masing-masing bersifat mutlak, tetapi komponen dari berbagai konsep dapat dipilih sesuai dengan kondisi dan kebutuhan agroekologi. Faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan komponen teknologi adalah:

- (1) Tingkat kerusakan lahan sawah ditinjau dari kriteria ramah lingkungan dan keberlanjutan.
- (2) Laju kerusakan dan tingkat risiko kerusakan di masa yang akan datang.
- (3) Kesesuaian komponen teknologi dengan agroekologi setempat.
- (4) Ketersediaan sarana sebagai komponen teknologi.
- (5) Kemampuan ekonomi dan tenaga petani.
- (6) Kelayakan teknologi sebagai tindakan investasi dari segi ekonomi, sosial, dan teknis.

Komponen teknologi untuk ramah lingkungan dan keberlanjutan adalah untuk investasi ke masa depan, dalam jangka pendek (dua–tiga tahun) maupun jangka panjang (10–200 tahun). Komponen teknologi dapat diaplikasikan secara gradual, seperti pengayaan bahan organik dalam tanah sehingga kondisi optimal diperoleh setelah 5–8 tahun.

Dalam aplikasi praktis, petani tidak memerlukan “nama” seperti agroekoteknologi, PTT, LEISA, dan PIO, karena petani bebas memilih komponen adaptif-adoptif dari masing-masing konsep. Pro-kontra dan untung-rugi pertanian *input* organik tidak dibahas di sini karena fokus tulisan ini adalah aspek ramah lingkungan dan keberlanjutan.

Secara umum, komponen teknologi budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan mempertimbangkan kondisi agroekologi sebagai berikut:

- (1) Pergiliran tanaman dengan leguminosa atau tanaman yang memerlukan olah tanah dalam, seperti sayuran, tebu, dan ubi jalar.
- (2) Perbaikan tata letak pematang (*field lay-out*) untuk memperoleh fungsi pencegahan erosi, limpasan air, penampungan endapan, permukaan tanah sawah yang datar dan rata (*levelling*), dan meningkatkan efisiensi penggunaan air.
- (3) Pengayaan bahan organik tanah sampai batas optimal.
- (4) Pengayaan mikroba, fauna-flora lahan sawah mencapai komposisi dan populasi optimal (Saraswati dan Sumarno, 2008).
- (5) Pengayaan kandungan hara tanaman dalam tanah, penyediaan hara optimal, dan pencegahan kehilangan hara melalui berbagai proses.
- (6) Pemeliharaan dan peningkatan keanekaragaman hayati ekologi sekunder lahan sawah, menuju kondisi keseimbangan ekologis antara tanaman-patogen-hama-pemangsa-parasit-pesaing (*sustainable environmental management*).

- (7) Peningkatan keragaman genetik tanaman padi pada satu hamparan melalui penanaman berbagai varietas unggul adaptif (multivarietas), varietas *blend*, *resistant genes deployment* (penanaman banyak varietas yang mengandung gen-gen resisten berbeda), pergiliran varietas antarmusim tanam (Beattie, 1995).
- (8) Penggunaan pestisida yang bersifat ramah lingkungan, tidak mengakibatkan pencemaran residu pada pelaku usaha tani, hewan ternak, produk panen, bodi air, dan lingkungan lahan sawah.
- (9) Praktik pengendalian OPT secara efektif ekologis, sesuai prinsip PHT.
- (10) Meminimalisasi terbentuknya gas rumah kaca.
- (11) Pencegahan terjadinya kontaminasi logam berat dan benda asing luar ekologi lahan sawah, seperti batu, kaca, bahan berbahaya beracun (B3), dan plastik.
- (12) Pencegahan dan penanggulangan banjir, tanah longsor, penimbunan luapan lumpur panas, dan sebagainya.
- (13) Penghindaran pengerukan lapisan olah (*top soil*) untuk pembuatan bata, tanah urug, dan sebagainya.
- (14) Pemeliharaan sumber pengairan, prasarana pengairan, dan pembuatan tangkapan air seperti embung dan bendungan kecil.
- (15) Perbaikan drainase, aerasi, pH, potensial redoks, dan KTK untuk optimasi pertumbuhan tanaman.
- (16) Pencegahan terjadinya keompakan tanah oleh alat-alat berat.
- (17) Penghindaran pengolahan tanah yang mendangkalkan lapisan olah tanah, seperti pembajakan menggunakan *rotary* secara terus-menerus.
- (18) Perbaikan sifat fisik, kimia, dan hayati lahan sawah.
- (19) Peningkatan daya simpan air (*water holding capacity*) pada tingkat drainase yang optimal.
- (20) Mencegah terjadinya peningkatan populasi hama penyakit yang bersifat endemik-pandemik, melalui penyehatan lingkungan lahan sawah.

Pilihan terhadap komponen tersebut didasarkan atas kebutuhan agroekologi dan faktor lain seperti telah dibahas di muka. Perlu diingat bahwa tujuan budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah multiguna, mencakup produksi tinggi, kecukupan pangan, keuntungan ekonomi, ramah lingkungan (ekologis), manfaat sosial (*equity*), dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, budi daya padi ramah lingkungan dan berkelanjutan adalah penerapan teknologi budi daya padi yang beretika.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulrachman, S., dkk. 2007. "Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah Irigasi". Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Amani Organik. 2003. "Pemasaran Produk Pertanian Organik". Konsolidasi Business Plan, 2004–2008. SBU Agricultural Service, Sucofindo (Persero).
- Anonim. 2003. "Norma Budidaya yang Benar untuk Tanaman Buah". Direktorat Jenderal Produksi Hortikultura. Deptan. Jakarta.
- Anonim. 2004. "Panduan Budidaya yang Benar". Tanaman Buah. Direktorat Jenderal Produksi Buah. Deptan. Jakarta.
- Balasubramaniam, *et al.* 2007. Integrated Crop Management (ICM): Field Evaluation, and Lessons Learnt. p. 33–42. In Sumarno, dkk. (Ed.). *Rice Industry, Culture, and Environment*. Indonesian Center for Rice Research, Sukamandi, West Java.
- Beattie, A.J. 1995. "Why Conserve Bio-Diversity". In R.A. Bradstock *et al.* (Ed.): *Conserving Biodiversity, Threats and Solution*. Surrey Batty A. Son. Australia. p. 3–10.
- Bouman B.A., *et al.* 2007. "Rice, Feeding the Billions". In *Water for Food, Water for Life*. IRRI, Philippines.
- Conception, R.N. 2006. "Multifunctionality of Ifugao Rice Terraces in Philippines". Seminar International Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor.
- Dawe, D. 2004. "Rice Facts, Saving Labor". *Rice Today*, Oct–Dec. 1004. IRRI. Philippines.
- Deptan. 2006. 100 tahun Departemen Pertanian Republik Indonesia, 1905–2005. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Dimiyati, A., dkk. 1998. "Pengembangan Sistem Usaha tani Berkelanjutan". *Prosiding Simposium. Analisa Ketersediaan Sumber Daya Pangan dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. Badan Litbang Pertanian. Jakarta. p. 212–234.
- Eurep GAP. 2004. "Titik Pengendalian dan Kriteria Kepatuhan untuk Komoditi Buah dan Sayuran". Versi 2, Jan. 2004 (berlaku sejak 12 September 2003). Terjemahan dari Versi Inggris. Direktorat Jenderal Bina Produksi Hortikultura. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Fliert, E. van de. 1999. "Integrated Crop Management for Sweet Potato". A Mellow Blend of Science and Farmers' Practices. UPWARD, 8:1. CIP-UPWARD, Philippines.
- Greenland, D.J. 1997. "The Sustainability of Rice Farming". IRRI. CAB International. Walling Ford, Oxon, UK.

- Harwood, R.R. 1987. "Low Inputs Technology for Sustainable Agricultural System". In V.W. Ruttan and C.E. Pray (Ed.), *Policy for Agricultural Research*, West View Press. Boulder, Colorado. USA.
- Kartaatmadja, S., dan A.M. Fagi. 2000. "Pengelolaan Tanaman Terpadu, Konsep dan Penerapan". p. 75–89. Dalam Makarim, A.K., dkk. (Ed.), *Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Bogor.
- Kingston, G., *et al.* 2007. "Better Management Practices in Sugarcane Fields". *Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.* Vol. 26, 27.
- Maclean, J.L., *et al.* 2002. "Rice Almanac, Third Edition". IRRI, WARDA, CIAT, FAO, IRRI, Los Banos. Philippines. 253 p.
- Makarim, A.K. dan I. Las. 2005. "Terobosan Peningkatan Produktivitas Padi Sawah Irigasi Melalui Pengembangan Model Pengelolaan Tanaman dan Sumber Daya Terpadu". Dalam B. Suprihatno dkk. (Ed.). *Inovasi Teknologi Padi, Buku I*. P: 115–127. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Oka, I.N. dan Bahagiawati. 1991. "Pengendalian Hama Terpadu". Dalam E. Soenarjo dkk. (Ed.). *Padi III*. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.
- Pranadji, T., Saptana, dan W.K. Sedjati. 2005. "Pengelolaan Serangga dan Pertanian Organik Berkelanjutan di Pedesaan". Forum Penelitian Agroekonomi Pertanian.
- Quirk, R., *et al.* 2007. "Better Sgar cane Initiative, Impacts and Benefits on Global Sugarcane Industries". *Sugarcane Technol.* Vol. 26, 2007.
- Runge, C.F. 1992. "A Policy Perspective on the Stainability of Production Environments: Toward a Land Theory Value". *Proceeding Inter. Conf. Challenges and Opportunities for NARS in the years 2005*. P: 43–55. ISNAR, The Hague, Netherlands.
- Saraswati, R., dan Sumarno. 2008. "Pemanfaatan Mikroba Bermanfaat Sebagai Komponen Teknologi Pertanian Tanaman Pangan". *Buletin Iptek Tanaman Pangan*.
- Shah, M. and M. Strong. 1999. "Food in the 21st Century". From Sciences to Sustainable Agriculture. CGIAR Secretariat, World Bank, Washington D.C. USA.
- Sumarno. 2006. "Good Agriculture Practices: Perluakah Diterapkan pada Sistem Produksi Tanaman Pangan? Risalah Seminar Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan". P: 1–18. Dalam Widjono, A. (Ed.), Puslitbangtan. Bogor.
- Sumarno. 2007. "Teknologi Revolusi Hijau Lestari untuk Ketahanan Pangan Nasional di Masa Depan". *Buletin Iptek Tanaman Pangan* 2 (2): 131–153.

- Sumarno, dkk. 2000. "Konsep Usaha tani Ramah Lingkungan". Dalam: A.K. Makarim dkk. (Ed.), *Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan*. p. 55–74. Puslitbang Tanaman Pangan. Bogor.
- Sumarno dan Suyamto. 1998. "Agroekoteknologi Sebagai Dasar Pembangunan Sistem Usaha Pertanian Berkelanjutan". p. 235–256. *Prosiding Analisis Ketersediaan Sumber Daya Pangan dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Swaminathan, M.S. 1997. "Research for Sustainable Agricultural Development in Asia: Opportunities and Challenges". *Proceeding Seminar on Agriculture Research and Development*. Dacca. Bangladesh, 24 February 1997.
- Syam, M. 2006. "Kontroversi System of Rice Intensification (SRI) di Indonesia". *Buletin Iptek Tanaman Pangan* 1 (1): 30–40.
- Tjondronegoro, S.M.P. 2002. Padi, Tanaman Ekspansif dari Timur ke Barat. p. 11–17. Dalam Syam, M., dkk. (Ed.), *Budaya Padi. Prosiding Diskusi Panel dan Pameran Budaya Padi*. Yayasan Padi Indonesia. Jakarta.
- Uphoff, N. and A. Gani. 2003. "Opportunities for Rice Self Sufficiency with the System of Rice Intensification (SRI)". Dalam Kasryno, F. (Ed.), *Ekonomi Padi dan Beras Indonesia*. p. 419–441. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.
- Uphoff, N., and A. Satyanarayano. 2006. "Prospect for Rice Sector Improvement with the System of Rice Intensification, with Evidence from India". In Sumarno, dkk. (Ed.), *Rice Industry, Culture, and Environment*. Indonesian Center for Rice, Sukamandi, West Java.