

Teknologi Revolusi Hijau Lestari untuk Ketahanan Pangan Nasional di Masa Depan¹

Sumarno²

Ringkasan

Pertanian tanaman pangan di Indonesia sampai dengan tahun 1960 praktis menggunakan teknologi dengan masukan organik berasal dari sumber daya setempat. Varietas lokal dan varietas unggul tipe lama seluas 6,5-7,0 juta ha hanya mampu memproduksi beras antara 7,5-8,0 juta ton per tahun. Impor beras sudah terjadi sejak awal kemerdekaan yang pada tahun 1961 mencapai satu juta ton lebih dan tendensinya terus meningkat. Pertanian sejak tahun 1970 menerapkan teknologi "Revolusi Hijau", dengan komponen utamanya varietas unggul tipe baru, pupuk dan pestisida sintesis, serta didukung oleh ketersediaan air irigasi yang cukup. Produksi beras sejak 1970 naik secara linier, sehingga dapat menembus 30 juta ton mulai tahun 1995, dan masih terus meningkat hingga kini. Kekhawatiran akan terjadinya kemunduran mutu lingkungan, kelestarian keragaman hayati dan keberlanjutan sistem produksi ditanggapi oleh segolongan masyarakat dengan mengadvokasi kembali ke teknik pertanian masukan organik dan menanam varietas lokal. Apabila gerakan ini menjadi *trend* nasional, diperkirakan akan mengancam ketahanan pangan nasional di masa depan. Teknologi Revolusi Hijau Lestari (TRHL) merupakan penyempurnaan teknologi revolusi hijau tahun 1970-2000, memperhatikan sembilan komponen sebagai berikut: (1) penataan pola dan pergiliran tanam, (2) penanaman multi varietas adaptif spesifik lokasi dan musim, (3) penyiapan lahan secara optimal, (4) pengayaan bahan organik dan mikroba dalam tanah, (5) penyehatan ekologi dan wilayah hidrologi alamiah setempat, (6) penyediaan hara optimal bagi tanaman berdasarkan status hara dalam tanah dan target produksi, (7) pengendalian OPT secara ekologis-efektif, (8) penyediaan, pemeliharaan, dan pemanfaatan sumber air secara efektif-efisien, dan (9) peningkatan pengetahuan dan kesadaran petani terhadap kelestarian sumber daya, lingkungan, dan keberlanjutan produksi pertanian. Dengan semakin bertambahnya penduduk Indonesia, tidak ada pilihan lain kecuali menjadikan teknologi Revolusi Hijau lebih ramah lingkungan dengan menerapkan "Teknologi Revolusi Hijau Lestari" dalam sistem produksi padi.

¹ Makalah ini disampaikan pada Seminar Nasional Sumber Daya Lahan Pertanian, Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor, 14-15 September 2006.

² Profesor Riset pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan

Dengan jumlah penduduk yang lebih besar, ketersediaan pangan beras dalam periode 35 tahun antara 1970-2005 adalah jauh lebih banyak, lebih murah dan lebih mudah bagi sebagian besar masyarakat, dibandingkan dengan kondisi periode 35 tahun sebelumnya (tahun 1935-1970). Hal tersebut disebabkan bukan semata-mata karena Indonesia telah menjadi negara merdeka, tetapi karena perubahan tingkat teknologi dalam memproduksi beras, dari teknologi tradisional, teknologi masukan organik (atau sering disebut sebagai pertanian organik), menjadi teknologi "Revolusi Hijau". Revolusi Hijau di bidang pertanian adalah perubahan dalam teknologi pertanian, ditujukan agar sumber daya lahan dapat memproduksi sebanyak-banyaknya, dengan jalan mengoptimalkan ketersediaan hara dan air dalam tanah, menanam varietas tanaman yang mempunyai potensi produksi tinggi, serta melindungi tanaman dari gangguan hama-penyakit.

Deskripsi Revolusi Hijau tersebut secara implisit menunjukkan seolah-olah terjadi tindakan eksploitatif terhadap kemampuan lahan menyediakan hara tanaman, sehingga lahan menjadi cepat kurus. Penggunaan pestisida secara "liberal" juga dikhawatirkan merusak ekologi biota lahan sawah, meracun hewan dan ternak, mencemari badan air (saluran air mengalir, sungai, waduk, telaga, embung) dan bahkan keracunan lewat kontak dan per oral bagi manusia di usaha pertanian. Produk pertanian termasuk beras, yang tanamannya disemprot pestisida juga diduga mengandung residu pestisida.

Kekhawatiran terhadap dampak negatif Revolusi Hijau terhadap kelestarian lingkungan, keselamatan petani, keamanan konsumsi pangan, keberlanjutan sistem pertanian, dan bahkan terhadap kelestarian keanekaragaman hayati, telah mendorong berbagai kalangan, ilmuwan, LSM, organisasi petani, kelompok konsumen dan pedagang, pada tingkat lokal pedesaan, regional, propinsi, nasional, dan internasional, untuk menyatakan anti Revolusi Hijau. Revolusi Hijau diposisikan sebagai teknologi yang tidak ramah lingkungan, produknya tidak menyehatkan, dan juga mengakibatkan kemiskinan terhadap petani (Pranadji *et al.* 2005).

Para oponen Revolusi Hijau terlalu peka dalam melihat dampak negatif aspek lingkungan, tetapi kurang mempertimbangkan aspek kecukupan dalam penyediaan pangan bagi penduduk yang terus bertambah. Tanpa adanya teknologi termasuk teknologi Revolusi Hijau, dunia akan mengalami bahaya kelaparan hebat seperti yang pernah dialami Irlandia pada tahun 1840, zaman Jepang tahun 1943-45 di Indonesia, atau kelaparan di beberapa negara Afrika hingga masa kini (Greenland 1997).

Lebih dari 200 tahun yang lalu Malthus (1798) mengingatkan bahwa: "periode waktu di mana bumi mampu menyediakan pangan bagi manusia yang hidup di atasnya, telah lama terlampaui". Pada zaman modern tahun 1960-an, Ehrlich (1968) mengingatkan bahwa "perjuangan untuk menyediakan pangan bagi manusia di atas dunia telah usai, dan ratusan juta manusia akan mati kelaparan mulai akhir tahun 1970". Bahkan pada beberapa tahun

yang lalu Brown and Kane (1994) menegaskan: "Sebagian besar ilmuwan mengetahui bahwa akan tiba saatnya terjadi efek kumulatif dari degradasi dan kerusakan lahan pertanian dan batas maksimal kemampuan lahan untuk memproduksi, sehingga pertumbuhan produksi pangan menuju negatif. Kapan dan bagaimana hal tersebut terjadi, akan terus menjadi perdebatan, sementara itu kita menyaksikan, bahwa masalah dan pembatas produksi muncul secara simultan menghambat laju pertumbuhan produksi pangan di berbagai belahan dunia, dan di tempat lain hanya persoalan waktu saja".

Pernyataan yang bernada pesimistik tersebut bisa saja terjadi di Indonesia, apabila kita kurang tepat memilih dan menerapkan teknologi dalam produksi pangan. Revolusi Hijau diakui memiliki beberapa dampak negatif sampai tingkat tertentu, terutama pada aspek mutu lingkungan persawahan, penurunan keragaman genetik tanaman usahatani, keberlanjutan sistem produksi pertanian padi, dan cemaran residu kimiawi pada produk panen, badan air maupun pekerja pertanian (IRRI 2004). Hal-hal itulah yang perlu ditangani dan dikoreksi, agar produksi tinggi dapat dicapai, tetapi keberlanjutan produksi tetap terjaga.

Kekhawatiran akan terjadinya kekurangan pangan dan fakta kekurangan pangan secara besar-besaran ironisnya justru terjadi pada abad ke XVIII-XIX, pada masa teknologi pertanian masih sederhana, menggunakan sarana organik, dan pada saat lahan masih luas, tanah masih subur serta penduduk masih sedikit. Contoh-contoh kelaparan penduduk yang terkenal adalah: China tahun 1780-1790; Irlandia, 1840, China, 1855, India, 1940; Asia Tenggara, 1942-1950 (*Greenland* 1997). Dari bukti empiris ditunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk pada tanaman sereal, populasi penduduk dunia pada akhir abad XX dan selanjutnya tidak akan memperoleh bahan pangan yang cukup. Disebutkan bahwa pertanian masukan organik hanya mendaur unsur hara yang sudah ada di dalam tanah, sehingga di wilayah yang tanahnya tidak subur akan berarti pendauran kemiskinan dan kelaparan. Namun, pro dan kontra teknologi Revolusi Hijau akan terus berlanjut, dengan kecenderungan suara kontra lebih nyaring.

Makalah ini membahas kelemahan dalam penerapan teknologi Revolusi Hijau untuk tanaman padi di Indonesia selama tahun 1970-2005 dan memberikan saran konsep koreksi, sehingga penerapan teknologi Revolusi Hijau dapat mendukung tercapainya ketahanan pangan nasional, pelestarian lingkungan dan keanekaragaman hayati/keragaman genetik, dan sistem produksi padi yang dapat berkelanjutan. Konsep yang diajukan secara keseluruhan disebut sebagai "Teknologi Revolusi Hijau Lestari" (TRHL).

Pertanian Menggunakan Masukan Organik

Dalam tataran ilmiah, pertanian dapat didefinisikan sebagai "Proses sintesis unsur-unsur anorganik menjadi senyawa organik, melalui media tanaman dengan bantuan energi matahari". Definisi tersebut berlaku untuk semua jenis praktek pertanian, baik dengan teknologi primitif, sederhana, atau modern. Berdasarkan definisi tersebut maka istilah "pertanian organik" sebenarnya tidak tepat, merupakan istilah yang rancu, dan bersifat egoistik-eksklusif (*self righteous*).

Yang sering disebut sebagai pertanian organik sebenarnya adalah "pertanian menggunakan sarana organik", yang diberikan kepada tanaman. Dalam proses pertumbuhan tanaman, akar tanaman akan menyerap ion anorganik, seperti NH_4^+ ; NO_3^- ; H_2PO_4^- ; $\text{HPO}_4^{=}$; K^+ dan lainnya, tidak membedakan asal sarana yang digunakan, apakah pupuk organik, pupuk kandang, kompos, Bokhasi, urea, SP36, atau KCl. Adalah sangat mengherankan bahwa ilmuwan ahli pertanian tidak menentang penggunaan istilah "pertanian organik", dan menganggap bahwa pertanian yang lainnya bukan pertanian organik. Penggunaan pestisida sintetis yang mengakibatkan residu dalam hasil panen memang dapat diperdebatkan, bahwa residu tersebut senyawa anorganik; tetapi permasalahannya lain. Dengan menggunakan pestisida secara selektif dan rasional, sesuai prinsip pengendalian hama-penyakit secara terpadu, maka residu pestisida pada hasil panen dapat dihindarkan. Data empiris menunjukkan bahwa pertanian secara organik selama periode tahun 1950-1962, produksi padi sangat rendah, dan tidak dapat mencukupi kebutuhan pangan nasional (Tabel 1).

Untuk menghindari kerancuan tersebut, dalam makalah ini dipakai istilah "pertanian masukan organik", menggantikan atau sebagai padanan, "pertanian organik" (*organic farming*). Pertanian masukan organik membedakan pertanian yang menggunakan masukan organik + anorganik dalam proses produksinya. Pertanian masukan organik (PIO) menurut Amani Organik (2003) adalah "Sistem manajemen produksi secara ekologis (serasi dengan alam), yang mendukung keragaman hayati (*biodiversity*), daur biologis dan aktivitas biologis dalam tanah. Pertanian masukan organik meminimumkan penggunaan masukan luar seperti bahan-bahan sintetis: pupuk, pestisida, herbisida, serta berdasarkan pada praktek manajemen yang dapat mengembalikan, menjaga, dan mendorong terciptanya keharmonisan alam (*ecological harmony*)".

Definisi tersebut sangat baik, ditinjau dari aspek praktek berusaha tani, aspek pelestarian lingkungan maupun aspek mutu lingkungan. Namun definisi tersebut mengandung kelemahan, karena "pertanian masukan organik" merupakan proses, tetapi dalam definisi terkandung dampak, sehingga hal-hal baik dalam definisi tersebut bukan otomatis merupakan fakta, tetapi masih berupa harapan.

Tabel 1. Luas panen, produktivitas dan produksi beras Indonesia pada masa pertanian masukan organik.

Tahun	Luas panen (juta ha)	Produktivitas		Produksi beras (x 1000 t)	Impor (x 1000 t)	Tingkat swa-sembada (%)
		t/ha beras	t/ha GKG			
1950	5,70	1,02	1,65	5.790	334	94
1951	5,82	1,03	1,66	5.980	700	90
1952	6,11	1,05	1,69	6.390	766	88
1953	6,47	1,13	1,82	7.030	372	95
1954	6,61	1,18	1,90	7.840	261	97
1955	6,57	1,14	1,84	7.510	127	98
1956	6,70	1,13	1,82	7.600	768	90
1957	6,80	1,12	1,81	7.630	554	93
1958	6,99	1,14	1,84	7.980	921	88
1959	6,99	1,14	1,84	7.980	921	88
1960	7,15	1,16	1,87	8.290	891	89
1961	6,86	1,21	1,95	8.270	1.064	87
1962	7,28	1,22	1,97	8.890	1.025	88

Sumber: Departemen Pertanian 2006.

Sebagai alternatif praktek pertanian, dapat diakui bahwa pertanian *input* organik sangat baik dan mulia. Pertanian *input* organik dapat dianjurkan kepada individu petani yang memungkinkan untuk melakukannya dengan berhasil, dan memiliki target pasar yang dapat memberi harga premium, atau untuk keperluan sendiri. Namun untuk dijadikan program pemerintah pada tingkat kabupaten, propinsi, atau nasional pada tanaman bahan pangan, sereal, umbi-umbian, tebu, sayuran akan mengakibatkan konsekuensi pada tingkat kecukupan dan kepastian produksi.

Hasil penelitian di Amerika Serikat di ratusan lokasi pada sentra produksi menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk mineral NPK, produksi sereal menurun 27 hingga 41%, walaupun kandungan bahan organik tanah cukup tinggi (Stewart *et al.* 2005) (Tabel 2). Apabila acuan usaha pertanian menekankan untuk mencukupi kebutuhan pangan dan mencapai ketahanan pangan nasional, maka pertanian masukan organik menjadi tidak sejalan dengan tujuan ketahanan pangan nasional.

Tabel 2. Perbedaan hasil tanaman semusim antara yang dipupuk dan yang tanpa pupuk, rata-rata 362 lokasi percobaan di sentra produksi Amerika Serikat, tahun 2002-2004.

Tanaman	Hasil biji kering (t/ha)		
	+ pupuk NPK sesuai rekomendasi setempat	Tanpa pupuk	Penurunan (%)
Jagung	7,65	4,52	(-41)
Padi	6,16	4,48	(-17)
Sorgum	4,64	4,48	(-19)
Gandum (terigu)	2,15	1,18	(-16)
Kapas	0,76	0,48	(-17)
Kedelai	2,28	2,28	0
Kacang tanah	2,28	2,28	0

Bahan organik tanah berkisar 1,4-3,6%

Sumber: Stewart *et al.* 2005

Revolusi Hijau di Indonesia

Aspek program dan teknis Revolusi Hijau pada pertanian padi sudah banyak dibahas dan didokumentasikan, antara lain oleh Abbas (1997). Pada makalah ini Revolusi Hijau akan dibahas aspek plus dan minusnya, kekeliruan yang mungkin telah terjadi, serta kerugian atau efek samping yang terjadi, namun juga akan dikemukakan manfaat dan keuntungannya.

Revolusi Hijau merupakan terjemahan istilah "*Green Revolution*", yang diberi makna sebagai: "Perubahan teknik pertanian dengan menggantikan varietas lokal dengan varietas tipe baru yang responsif terhadap pemupukan dan mampu memproduksi lebih tinggi, namun juga memerlukan proteksi terhadap serangan hama-penyakit. Penerapan Revolusi Hijau pada budi daya padi memiliki implikasi dan dampak sebagai berikut: (a) usahatani padi memerlukan biaya tetap (*fixed cost*) per ha yang lebih tinggi, karena adanya keharusan petani membeli sarana benih, pupuk, dan obat-obatan, (b) budi daya padi harus mengikuti prosedur teknis yang dibakukan seperti jumlah benih per ha, umur bibit, jarak tanam, dosis dan jenis pupuk, waktu pemupukan, dan bahkan keserempakan waktu tanam, (c) dengan tersedianya varietas unggul nasional yang beradaptasi luas, maka satu varietas unggul ditanam secara bersamaan dalam areal jutaan hektar, (d) varietas-varietas lokal yang berdaya-hasil rendah terdesak tergantikan oleh varietas unggul nasional yang berdaya-hasil tinggi, (e) keragaman genetik tanaman padi di lapangan menjadi berkurang, menyempit, (f) tanaman padi yang seragam riskan terhadap meletusnya epidemi hama atau penyakit, (g) gen-gen resisten monogenik

yang bekerja secara resistan vertikal mengakibatkan terjadinya seleksi direksional terhadap ras atau biotipe patogen dan serangga hama, sehingga timbul ras dan biotipe baru yang lebih ganas.

Di samping adanya kemungkinan dampak negatif tersebut, penerapan Revolusi Hijau juga mengakibatkan: (a) petani bergantung pada sarana berasal dari luar usahatani yang harus dibeli, (b) petani terbiasa dengan hutang untuk menyediakan sarana produksi, (c) apabila terjadi kegagalan panen akan berakibat kerugian yang besar bagi petani, (d) musim tanam dan panen yang bersamaan dalam satu wilayah luas menjadikan harga jual menjadi jatuh pada saat panen, (e) usaha produksi padi menjadi usaha bisnis, dalam arti hasil panen gabah seluruhnya dijual, tidak lagi diperuntukkan bagi persediaan pangan keluarga setahun, (f) petani padi menjadi pembeli beras guna kebutuhan pangan sehari-hari, (g) perbedaan luas pemilikan lahan antar petani membentuk senjang ekonomi-sosial yang menjadi lebih kentara, (h) timbul anggapan bahwa Revolusi Hijau hanya menguntungkan petani yang lahannya luas, dan (i) terjadi marjinalisasi petani kecil, sebagai penyedia pangan murah bagi mendukung berkembangnya industri berbasis tenaga kerja dengan upah yang murah.

Di samping adanya dampak yang merupakan implikasi dan konsekuensi penerapan Revolusi Hijau, masih ada pengaruh negatif yang timbul dari tanggapan petani sendiri, yakni: (a) untuk mencapai produksi yang maksimal, petani menggunakan pupuk sintetis dengan dosis lebih tinggi dari anjuran, (b) merasa melihat khasiat pupuk sintetis yang sangat jelas, petani menjadi malas atau tidak mau menggunakan pupuk organik, (c) untuk menghindarkan risiko dari serangan hama penyakit, petani melakukan aplikasi pestisida secara reguler, terjadwal, melebihi keperluan, (d) petani tidak mau lagi mengolah tanah menggunakan bajak singkal, memilih cara borongan menggunakan bajak rotari yang mengakibatkan pelumpuran dangkal, (e) panen padi bergeser menjadi cara tebasan tanaman di sawah, (f) petani bertindak sebagai manajer usahatani, sedangkan pelaku atau operator usahatani adalah buruh tani atau pendedok/pemaro.

Dari uraian tersebut terlihat bahwa Revolusi Hijau mengakibatkan terjadinya revolusi sikap dan perilaku dalam bertani, yaitu: (a) dari tujuan mencukupi kebutuhan pangan keluarga, menjadi memperoleh uang tunai seketika, (b) dari menggunakan sarana produksi yang tersedia setempat menjadi kebergantungan sarana dari luar usahatani, (c) dari pelaku aktif usahatani menjadi manajer usahatani, (d) dari bertani berbasis gotong-royong menjadi bertani berbasis upah.

Tentu terjadinya perubahan-perubahan tersebut tidak berdiri sendiri, terisolasi pada sistem usahatani padi sebagai akibat penerapan Revolusi Hijau semata. Perubahan sistem perekonomian makro nasional, penawaran barang dan jasa yang melimpah, komersialisasi pendidikan dan perawatan

kesehatan, serta komersialisasi seluruh aspek kehidupan, mengharuskan sistem nilai dalam usahatani berubah, menyesuaikan dengan lingkungan komersial.

Kekeliruan dalam Penerapan Revolusi Hijau

Adanya kekeliruan dalam penerapan Revolusi Hijau baru disadari setelah berjalan hampir 40 tahun, dan itupun belum ada perbaikan secara menyeluruh. Kekeliruan dari segi teknis adalah:

- (1) Tidak ada anjuran pemakaian pupuk organik dengan dosis tertentu yang bersifat komplementer terhadap anjuran penggunaan pupuk anorganik.
- (2) Anjuran penggunaan varietas unggul nasional, bukan anjuran varietas paling adaptif terhadap agroekologi dan musim tanam, berakibat menyempitnya keragaman genetik tanaman padi.
- (3) Menjadikan pupuk anorganik sebagai satu-satunya sumber hara utama, bukan sebagai suplementasi.
- (4) Adanya anjuran pengendalian hama penyakit menggunakan pestisida secara terjadwal (walaupun hal ini telah banyak dikoreksi melalui rumusan PHT).
- (5) Penyediaan benih oleh perusahaan benih berdasarkan varietas populer, tidak mendidik petani menuju terjadinya pergiliran dan pergantian varietas yang ditanam, antar lokasi maupun antar musim.
- (6) Belum pernah disediakan pedoman teknik budi daya baku yang mencakup aspek kelestarian lingkungan, keberlanjutan usaha produksi, atau kelestarian keanekaragaman hayati ekologi sawah bagi penyuluh di lapangan.
- (7) Tidak ada pendidikan untuk peningkatan kesadaran petani akan pentingnya berusahatani secara ekologis, higienis (aman dan sehat bagi produk panen, usaha pertanian dan pelaku usaha) dan pertanian berkelanjutan.
- (8) Tidak adanya pendidikan teknis agronomis terkait dengan penerapan Revolusi Hijau pada padi terhadap generasi muda petani, untuk memahami dasar ilmiah praktis, penggunaan sarana produksi secara efisien.

Di samping aspek teknis tersebut, penerapan Revolusi Hijau juga tidak didahului atau dibarengi oleh pendidikan kewirausahaan, tata kelola usaha, pemasaran, dan manajemen produksi. Perangkat ekonomi yang terkait dengan penerapan Revolusi Hijau juga tidak ditangani secara lengkap, seperti pembentukan bank pertanian, koperasi pertanian, pemasaran, penanganan pascapanen, pengolahan hasil panen dan standar mutu. Walaupun beberapa hal tersebut ditangani, pelaksanaannya belum memuaskan. Apabila hal-hal tersebut diperhatikan sejak awal penerapan Revolusi Hijau, maka kritikan bahwa penerapan Revolusi Hijau "merusak lingkungan" tidak akan terjadi.

Terlepas dari kekurangan dan kekeliruan dalam penerapan Revolusi Hijau pada tanaman padi, namun dampak positif telah dirasakan oleh seluruh lapisan bangsa Indonesia. Revolusi Hijau di Indonesia telah menyelamatkan 50% jumlah penduduk dari bahaya kelaparan kronis yang dapat berakibat kematian. Andaikan Revolusi Hijau tidak dilakukan, produksi beras dari luasan panen 11,5 juta ha paling tinggi hanya 18-20 juta ton per tahun. Apabila hal itu terjadi, Indonesia harus mengimpor beras sebanyak 14 juta ton dari pasar dunia, yang kemungkinannya tidak cukup tersedia, atau tidak tersedia devisa-nya. Dengan tingkat swasembada beras 56% (seandainya tidak ada penerapan Revolusi Hijau), dapat diperkirakan harga beras akan sangat mahal seperti halnya pada tahun 1950-1965, yang akan berakibat pada bahaya kelaparan dan kematian. Oleh karena itu dampak negatif penerapan teknologi Revolusi Hijau yang diuraikan di atas lebih tepat disebut eksekse atau pengaruh sampingan, karena manfaat Revolusi Hijau bagi kehidupan bangsa Indonesia, jauh lebih besar.

Pertanian Berkelanjutan

Dasar pemikiran konsep "Pertanian Berkelanjutan" pada umumnya harus mengacu kepada empat pokok kepentingan secara keseluruhan, yaitu (1) kecukupan pangan pada masa sekarang dan masa mendatang, (2) kelayakan ekonomi usaha pertanian saat ini dan masa mendatang, (3) kelestarian lingkungan dan mutu sumber daya alam, (4) kelestarian keanekaragaman hayati (Sumarno 2006). Namun segolongan orang hanya menekankan pada aspek kelestarian lingkungan dan keanekaragaman hayati dalam merumuskan konsep pertanian berkelanjutan. Adanya perbedaan dasar pemikiran tersebut, maka terdapat banyak definisi tentang pertanian berkelanjutan. Di antara banyak definisi pertanian berkelanjutan, definisi oleh Castillo (1992) cukup aplikatif yaitu: "Sistem produksi pertanian yang terus menerus dapat memenuhi kebutuhan pangan dan pakan, tanpa merusak sumber daya alam pertanian bagi generasi yang akan datang". Definisi tersebut sejalan dengan rumusan umum pembangunan yang berkelanjutan oleh ISNAR yaitu: "proses pembangunan pertanian yang dapat memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengorbankan kesempatan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka" (Triezt and Narain 1988).

Hasil studi ISNAR mengemukakan, terdapat lima penyebab utama yang dapat mengakibatkan degradasi/kerusakan lingkungan, yaitu: (1) bertambahnya tekanan jumlah penduduk yang memaksa penanaman lahan yang secara ekologi tidak sesuai untuk produksi pangan, (2) kemiskinan yang berakibat sebagian penduduk terpaksa hidup dan berusaha pada lahan marginal, (3) tidak adanya kesadaran petani untuk melakukan pelestarian lahan untuk jangka panjang, karena lahan bukan hak milik petani atau karena

miskinnya petani, (4) modernisasi pertanian yang dilakukan secara tergesa-gesa, tanpa persiapan kemampuan petani untuk mengerti tentang penggunaan sarana produksi modern secara tepat, dan (5) kebijakan pemerintah yang sering berorientasi kepada tujuan jangka pendek, kurang mempertimbangkan keperluan jangka panjang. Sinyalemen ISNAR tersebut cukup relevan dengan kondisi terjadinya degradasi lahan di Indonesia. Kerusakan lingkungan dan degradasi lahan adalah dampak dari faktor sosial-ekonomi, kesadaran dan perilaku manusia yang terkait.

Kekhawatiran akan terjadinya ketidak-berlanjutan pertanian lahan sawah nampaknya lebih berdasar pada kekhawatiran terjadinya kerusakan lingkungan, terganggunya ekologi lahan sawah, menurunnya kesuburan tanah, dan terjadinya pencemaran residu kimia terhadap badan air dan produk panen. Kekhawatiran akan terjadinya gejala ketidakberlanjutan sistem pertanian lahan sawah sebenarnya bersamaan dengan merebaknya kesadaran pentingnya untuk mengupayakan pembangunan pertanian umum yang berkelanjutan, yang mulai populer pada akhir tahun 1980-an. Beberapa konsep tentang strategi mencapai keberlanjutan pertanian lahan sawah telah dikemukakan, antara lain: agroekoteknologi (Sumarno dan Suyanto 1998); usahatani ramah lingkungan (Sumarno *et al.* 2000); pengelolaan sumber daya dan tanaman terpadu (Makarim dan Las 2003), dan lain-lain. Penerapan konsep pengendalian hama terpadu (PHT) sebenarnya juga ditujukan untuk mencapai kondisi pertanian berkelanjutan (Oka dan Bahagiawati 1984). Pertanian dengan strategi perawatan tanah sesuai konsep SRI (*System Rice Intensification*) yang dijelaskan oleh Uphoff dan Gani (2005) juga ditujukan untuk mencapai sistem produksi padi berkelanjutan. Namun rumusan "teknologi Revolusi Hijau Lestari" secara definitif belum pernah dikemukakan. Teknologi "Revolusi Hijau Lestari" sangat diperlukan, karena untuk pencukupan produksi beras nasional di masa depan, teknologi revolusi hijau masih diperlukan

Kekhawatiran Dampak Negatif Revolusi Hijau

Walaupun teknologi Revolusi Hijau telah terbukti menyelamatkan bangsa Indonesia dari nista kelaparan (*great-famine*), namun banyak ilmuwan, LSM dan pengamat yang menghujat Revolusi Hijau (Pranaji *et al.* 2005). Dampak samping negatif yang menyertai keberhasilan revolusi hijau dijadikan kartu mati, yang diberi bobot jauh lebih besar daripada manfaat dan keuntungannya. Persoalan kecukupan pangan masyarakat seolah-olah tidak mempunyai nilai banding yang berarti terhadap adanya kemungkinan bahaya kerusakan lingkungan, cemaran residu kimia, penurunan keanekaragaman hayati, dan kemunduran kesuburan lahan, atau ketidak berkelanjutan. Kenaikan produksi beras dinilai justru menjadikan petani mengalami pemiskinan, dan pembangunan pertanian Indonesia di bidang tanaman pangan dinilai gagal.

Sistem produksi tanaman pangan, sebaiknya tidak dinilai hanya dari satu-dua segi atau kriteria, karena pertanian tanaman pangan merupakan obyek yang terkait dengan multi faktor permasalahan. Pembangunan pertanian tanaman pangan mencakup enam faktor permasalahan secara integral, dan secara sekaligus beberapa faktor di antaranya menjadi kekhawatiran berbagai pihak, yaitu sebagai berikut:

a. Faktor Ketahanan Pangan Nasional

Fakta empiris menunjukkan bahwa pangan harus tersedia secara cukup setiap saat, guna ketenangan hidup bangsa dan guna kelangsungan hidup masyarakat. Sebagian orang menganggap bahwa pangan adalah barang yang akan ada dan cukup dengan sendirinya sesuai dengan kebutuhan manusia. Mungkin pendapat demikian ini akibat melekatnya petuah Jawa yang mengatakan: *"ono dino ono sego, sauger upayo"* (ada hari ya ada nasi, asalkan mau berusaha). Untuk strategi orang per orang (secara individual) petuah tersebut bisa jadi ada benarnya; tetapi untuk bangsa yang berjumlah 220 juta dan hanya sekitar 10% penduduk yang secara langsung memproduksi beras (12,67 juta KK petani padi), petuah tersebut akan memberikan beban berat bagi petani tanpa adanya teknologi yang dapat menjamin produktivitas tinggi. Bagi pejabat yang terkait dengan pertanian, pertanian tanaman pangan harus ditujukan untuk memperoleh kecukupan pangan nasional, yang terus meningkat setiap tahun.

Bangsa India, yang jumlah penduduknya besar dan produksi bahan pangannya sering kurang mencukupi, mempunyai semboyan yang lebih rasional, terutama dari para pemimpinnya. Perdana Menteri Indira Gandhi menyatakan: "Bangsa ini tidak akan memiliki kebanggaan apapun apabila tidak mempunyai kemampuan untuk memberi makan penduduknya". Bangsa Indonesia yang jumlahnya besar, nampaknya dapat mengadopsi pernyataan tersebut, yang memang juga relevan dengan permasalahan pangan bangsa Indonesia.

b. Faktor Pertambahan Penduduk

Banyaknya pangan (beras) yang dibutuhkan bangsa Indonesia meningkat sejalan dengan pertambahan penduduk. Penduduk Indonesia setiap tahun bertambah sekitar empat juta orang, berarti pertambahan kebutuhan beras sekitar 500.000 ton per tahun. Dalam kurun waktu 10 tahun ke depan pertambahan kebutuhan beras akan mencapai 5 juta ton atau 16% dari tingkat produksi nasional saat ini. Pertambahan kebutuhan beras yang sedemikian besar tidak mungkin dapat dicapai tanpa penerapan teknologi yang produktif, seperti yang terangkum pada teknologi Revolusi Hijau.

c. Faktor Keterbatasan Sumber Daya Lahan

Tidak banyak orang Indonesia yang menyadari, baik pejabat, ilmuwan/peneliti dan masyarakat awam, bahwa ketersediaan lahan pertanian tanaman pangan (padi) yang hanya 7,75 juta ha itu sebenarnya terlalu sempit untuk mencukupi kebutuhan pangan 220 juta penduduk Indonesia. Apalagi luas lahan irigasi + tadah hujan, yang merupakan penghasil utama beras nasional hanya 6,8 juta ha. Dengan perkiraan sawah irigasi + tadah hujan tersebut menyediakan pangan bagi 75% penduduk (165 juta orang Indonesia), maka rasio luas lahan untuk padi per kapita hanya 412 m². Luasan ini jauh lebih rendah dibandingkan di India (1.590 m²/kapita); Cina (1.120 m²/kapita); Thailand (5.230 m²/kapita); atau Vietnam (960 m²/kapita) (Sumarno 2004).

Sempitnya lahan yang tersedia di Indonesia mengharuskan sistem produksi padi memaksimalkan produktivitas per ha guna mencukupi kebutuhan pangan. Teknologi tradisional atau pertanian masukan organik seperti pada tahun 1940-1960an jelas tidak akan menghasilkan beras yang dapat mencukupi kebutuhan nasional, yang berakibat kurangnya penyediaan beras nasional.

d. Faktor Lingkungan

Pertanian intensif menggunakan masukan sarana pupuk dan pestisida sintetis, apabila tidak dilakukan secara hati-hati berpotensi merusak lingkungan. Dosis terlalu tinggi, aplikasi yang terlalu sering atau cara penggunaan yang tidak tepat dapat berdampak negatif terhadap lingkungan. Dampak negatif tersebut sebenarnya dapat dicegah, asalkan petani pelaku usaha mengetahui permasalahannya, dan belajar cara menghindari efek negatif yang ditimbulkan.

e. Faktor Keanekaragaman Hayati dan Keragaman Genetik

Teknologi Revolusi Hijau mengutamakan penanaman varietas unggul berdaya hasil tinggi yang mutu berasnya disukai konsumen. Kondisi ini mengakibatkan lahan sawah didominasi varietas unggul nasional populer, seperti IR64, Ciherang, IR42, dan sejenisnya. Pada satu hamparan sering ditanam satu varietas yang sama, sehingga menurunkan daya sangga genetik (*genetic buffering capacity*) terhadap perubahan lingkungan.

Kondisi mono varietas demikian perlu diganti dengan multi varietas dalam satu hamparan, atau pergiliran varietas antar musim tanam.

f. Faktor Keberlanjutan Sistem Produksi

Panen hasil pertanian adalah penambangan unsur hara dari dalam tanah; semakin banyak hasil panen semakin banyak hara tanah terambil. Dari panen gabah 5 t/ha dan jerami 6 t/ha, terambil hara dari dalam tanah sebanyak 123 kg N/ha, 48 kg P_2O_5 /ha, 143 kg K_2O /ha, 12 kg S/ha, dan 520 kg SiO_2 /ha (PPI 2004). Panen secara terus-menerus beberapa tahun tanpa dibarengi pemupukan atau pengembalian hara ke dalam tanah akan menguruskan tanah yang berakibat pertanian tidak berkelanjutan.

Dengan pemberian pupuk sintetis secara teratur dalam jumlah yang cukup, hara tersebut dapat dipulihkan keberadaannya di dalam tanah. Pemadatan tanah karena pemupukan anorganik tidak akan terjadi apabila bahan organik dikembalikan dan pupuk organik diberikan bersama pupuk anorganik.

Penilaian dan sekaligus kekhawatiran terhadap Revolusi Hijau sudah seharusnya mencakup enam faktor utama tersebut secara seimbang, bukan hanya terhadap faktor yang diminati.

Teknologi Revolusi Hijau Lestari

Untuk mengatasi dan mencegah dampak negatif yang ditimbulkan oleh teknologi Revolusi Hijau, perlu dilakukan koreksi dan penyempurnaan terhadap teknologi Revolusi Hijau tahun 1970-2005. Beberapa konsep teknologi yang dapat mendukung keberlanjutan sistem produksi dan kelestarian lingkungan sebelumnya telah dikemukakan, di antaranya adalah agroekoteknologi (Sumarno dan Suyanto 1998); usahatani ramah lingkungan (Sumarno *et al.* 2000); pengelolaan sumber daya dan tanaman terpadu (Makarim dan Las 2005; Abdurahman *et al.* 2006); dan yang lebih menekankan kepada aspek kelestarian lingkungan adalah konsep pertanian organik "SRI" (*System for Rice Intensification*) (Uphoff and Gani 2005).

Teknologi Revolusi Hijau Lestari (TRHL) didefinisikan sebagai: "Perpaduan seluruh komponen teknologi usahatani lahan sawah yang sinergis, bertujuan untuk mengoptimalkan produktivitas, memelihara kelestarian lingkungan, keanekaragaman hayati, dan sistem produksi yang berkelanjutan".

Karena setiap agroekologi memiliki karakteristik yang berbeda, maka kandungan komponen TRHL dapat berbeda-beda, tetapi komponen-komponen teknologi dalam suatu agroekologi harus bersifat sinergis, saling melengkapi. Pemilihan komponen TRHL tergantung dari jenis permasalahan yang dihadapi dalam sistem produksi. Komponen yang harus diperhatikan dalam menyusun TRHL, yaitu: (1) pola dan pergiliran tanaman, (2) pemilihan varietas, (3) penyiapan lahan optimal, (4) pengayaan kandungan bahan organik tanah, (5)

penyehatan ekologi lahan sawah, (6) penyediaan hara secara optimal, (7) pengendalian terpadu terhadap hama-penyakit-gulma, (8) penyediaan, pemeliharaan, dan pemanfaatan sumber air secara bijaksana, (9) peningkatan pengetahuan dan kesadaran petani terhadap produktivitas dan kelestarian sumber daya.

1. Pola dan Rotasi Tanaman

Pola tanam multi-spesies (banyak jenis tanaman dalam satu hamparan) dianjurkan, karena berfungsi menjaga keanekaragaman hayati, berupa tanaman, mikro flora dan mikro fauna di permukaan dan dalam tanah, guna mendukung terjadinya keseimbangan populasi antara parasit-predator, serangga hama dan patogen penyakit. Keanekaragaman hayati yang tinggi berfungsi sebagai penyangga terhadap berbagai perubahan ekologi/ekosistem. Kondisi ideal diperoleh apabila di setiap hamparan sawah terdapat 25% lahan non sawah yang letaknya terpencar merata, dan di atasnya ditanam berbagai tanaman semusim termasuk palawija, sayuran, bunga, dan lain-lain. Pengelolaan lahan dengan teknik surjan (berselang-seling antara petak sawah dan lahan "kering"), merupakan contoh cara memperbesar keanekaragaman hayati.

Pergiliran tanaman tahunan yang direncanakan dengan baik, menyertakan leguminosa atau tanaman yang memerlukan pengolahan tanah intensif seperti tebu, tembakau, cabe, bawang merah, dapat memperbaiki struktur tanah, drainasi dan aerasi tanah, serta memperkaya kandungan bahan organik tanah.

Penyusunan pola tanam tahunan atau dua tahunan dan pergiliran tanaman padi – non padi harus dibuat oleh setiap pemilik dan penggarap lahan sawah. Agar pola tanam dan pergiliran tanaman diterapkan oleh petani, perlu dibuat ketentuan Perda tentang pola tanam dan rotasi tanaman, yang mengharuskan hal-hal berikut:

- (1) Tanaman jenis legum (kacang-kacangan) disertakan dalam pola tanam/ pergiliran tanaman pada lahan sawah, minimal sekali dalam setahun.
- (2) Di setiap hamparan sekitar 50 ha terdapat minimal 10% luas lahan (± 5 ha) yang diusahakan sebagai lahan kering dan ditanami palawija atau sayuran buah. Petak lahan kering tersebut tersebar (tidak mengumpul) dan dapat diubah menjadi lahan sawah kembali setelah 1 tahun atau lebih.
- (3) Pematang sawah ditanami kacang-kacangan untuk pengayaan populasi predator dan parasit (musuh alami) terhadap hama penyakit (Baehaki 2006).
- (4) Penanaman leguminosa pohon/perdu seperti turi (*Sesbania*), jayanti, pada pematang (galengan) dan batas petakan lahan.

- (5) Setiap dua tahun, minimal ditanam sekali (satu musim) tanaman-tanaman yang memerlukan pengolahan tanah intensif, seperti tebu, tembakau, jagung, ubijalar, sayuran (cabe, bawang merah, kacang panjang, mentimun, dan lain-lain), agar terjadi perbaikan drainase dan struktur tanah.

Keharusan dipraktekannya pola tanam yang tepat dan pergiliran tanaman adalah untuk keuntungan petani sendiri dan terutama untuk keberlanjutan sistem produksi lahan sawah milik petani yang bersangkutan.

2. Penanaman Multi Varietas

Penanaman secara luas satu varietas unggul nasional harus diubah menjadi penanaman varietas unggul agroekologi spesifik – musim spesifik, sehingga terdapat banyak varietas dalam setiap hamparan. Kondisi kesuburan, ketersediaan air, kondisi OPT, dan kesukaan petani dapat dianggap sebagai ciri agroekologi spesifik, sehingga setiap petani dianjurkan untuk menanam varietas yang berbeda. Penanaman padi untuk musim penghujan, musim marengan, dan musim kemarau dianjurkan menggunakan varietas yang berbeda (yang paling sesuai), sehingga terjadi keragaman genetik tanaman padi antar ruang dan antar waktu.

Terdapatnya keragaman genetik tanaman yang berasal dari multi varietas dalam setiap hamparan 50-100 ha akan memperkuat daya sangga genetik tanaman (*genetic buffering capacity*), sehingga tanaman lebih toleran terhadap berbagai epidemi hama-penyakit dan cekaman abiotik lainnya. Bahkan sebenarnya, dalam setiap varietas pun dapat dibuat keragaman genetik, yang ditimbulkan oleh varietas yang heterogen (Sumarno dan Anwari 1994).

3. Penyiapan Lahan Optimal

Penyiapan lahan optimal ditujukan agar tanah sawah dapat secara optimal berfungsi menyediakan hara dan air, baik secara fisik maupun kimiawi. Selain itu lapisan olah tanah dapat menjadi media yang ideal untuk pertumbuhan akar tanaman dan penyerapan hara. Pembenaan residu tanaman dan gulma harus menjadi salah satu faktor persyaratan penyiapan lahan.

Untuk memperoleh struktur tanah yang baik, perlu ada ketentuan tentang pengolahan tanah, meliputi:

- (a) Jangka waktu minimal, sejak pengolahan pertama hingga siap tanam.
- (b) Kedalaman pengolahan tanah, sesuai dengan jenis tanah.
- (c) Kedalaman lapisan lumpur, sesuai dengan jenis tanah.
- (d) Populasi gulma maksimal per m² yang dibolehkan, menurut jenis gulma.
- (e) Persyaratan pencegahan erosi tanah dan pencegahan kehilangan lumpur dari petakan sawah.

4. Pengkayaan Kandungan Bahan Organik Tanah

Revolusi Hijau tahun 1970-2005 terlalu menggantungkan kecukupan hara dari pupuk sintetis. Anjuran dosis pupuk hanya berlaku bagi pupuk sintetis, tidak ada anjuran dosis pupuk organik. Pupuk organik seolah-olah tidak diperlukan lagi pada teknik Revolusi Hijau. Kekeliruan ini perlu dikoreksi.

Sejak awal penggunaan pupuk organik berasal dari hewan dan tumbuhan/tanaman sudah banyak dianjurkan. Agar saran dan anjuran untuk pengayaan kandungan bahan organik dalam tanah menjadi operasional, diperlukan hal-hal sebagai berikut:

- (a) Dosis anjuran pupuk organik, sesuai jenis tanah. Anjuran dosis pupuk organik menjadi bagian integral anjuran pemupukan.
- (b) Jerami padi harus dikembalikan ke petakan semula dalam bentuk kompos, residu, pupuk kandang, atau bentuk dekomposisi jerami lainnya. Jerami tidak boleh dibakar di lahan atau pinggiran lahan sawah.
- (c) Apabila memungkinkan, lahan sawah ditanami *Azola* untuk sumber pengayaan bahan organik.
- (d) Mikroba tanah yang bermanfaat untuk peningkatan kesuburan tanah perlu diberi kondisi lingkungan yang optimal.
- (e) Ketentuan batas minimum kandungan bahan organik tanah, misalnya 1,5%, sesuai dengan jenis tanah. Berdasarkan hasil analisis tanah, Dinas Pertanian dan penyuluh harus mengampanyekan tindakan pengayaan bahan organik tanah, bagi lahan yang bahan organiknya kurang dari 1,5%.
- (f) Pelatihan pembuatan kompos, bokhasi, dan pupuk organik lain, bagi petani, disertai peningkatan pengetahuan dan kesadaran petani tentang pentingnya bahan organik bagi tanah.
- (g) Kampanye penanaman *Crotalaria* sp.; *Muccuna* sp.; *Sesbania* sp.; dan sebagainya, di lahan sawah sebagai tanaman penyelang, untuk ditanam ke dalam tanah menjelang penanaman padi sawah.
- (h) Penggiatan pertanian integratif antara tanaman-ternak, agar terjadi sistem pertanian nir-limbah (*zero waste farming*).
- (i) Perlunya mengaitkan penggunaan/pengembalian bahan organik yang cukup ke dalam tanah dengan persyaratan kredit ketahanan pangan atau dengan besarnya potongan pajak bumi dan bangunan, atau penyediaan air irigasi.
- (j) Memberi pengertian kepada petani, bahwa tidak ada pemisahan antara pertanian masukan organik dan pertanian dengan pupuk anorganik. Pupuk organik dan anorganik diperlukan secara komplementer untuk pencukupan kebutuhan hara tanaman.

Kandungan bahan organik tanah yang kritis rendah pada lahan sawah Indonesia harus menjadi perhatian program prioritas Departemen Pertanian dan Dinas Pertanian untuk diatasi. Penyuluh pertanian harus dibekali pengetahuan tentang pengelolaan bahan organik untuk kesuburan tanah.

5. Penyehatan Ekologi Lahan Sawah

Kegiatan yang termasuk penyehatan ekologi lahan sawah sangat luas, mencakup seluruh kegiatan yang dilakukan di bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir dari sistem hidrologi alamiah, yang berdampak kepada ekologi yang "sehat", lingkungan yang lestari; sumber daya air yang tidak terganggu; terhindar dari bahaya banjir, tanah longsor, dan penimbunan lahan sawah oleh longsor, serta prasarana irigasi yang terpelihara. Konservasi hutan dan sumber air untuk pencegahan banjir, untuk memperbesar daya serap air tanah, untuk melestarikan sumber air, merupakan esensi dari penyehatan ekologi lahan sawah.

Ekologi lahan sawah yang sehat didefinisikan sebagai "Ekologi wilayah tangkapan dan limpasan air alamiah (*natural watershed region*) yang mampu menampung, menyimpan dan menyediakan sumber pengairan bagi lahan persawahan di wilayah yang bersangkutan, secara sinambung". Selain dari aspek air, juga terdapat keseimbangan biologis pada wilayah yang dimaksud, sehingga ekologi wilayah tersebut mantap, dan sinambung.

6. Penyediaan Hara Tanaman Secara Optimal

Dengan teknologi Revolusi Hijau Lestari, pencukupan ketersediaan hara bagi tanaman tidak dibatasi asalnya. Hara untuk pertumbuhan tanaman optimal dan untuk mempertahankan kesuburan tanah dapat berasal dari: asli tanah (*indigenous nutrients*), endapan lumpur dari wilayah hulu; dari pengairan; dari air hujan; dari pupuk organik; dari pupuk anorganik (sintetis); dari residu tanaman; dari penambatan N oleh tanaman legum; tumbuhan air dan mikroba; dan bahkan dari debu, abu gunung dan dari kilat. Hara yang berasal dari dekomposisi mikroba, hewan rendah dan hewan tinggi juga merupakan sumber hara yang *legitimate* pada teknologi Revolusi Hijau Lestari.

Pada teknologi Revolusi Hijau Lestari, sumber hara tidak menjadi permasalahan, asalkan memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- (1) Tidak memiliki dampak negatif secara fisik maupun kimia terhadap lahan sawah.
- (2) Tidak mengandung logam berat dan senyawa beracun.
- (3) Tidak mengontaminasi badan air dan tanah dengan senyawa yang beracun bagi manusia, ternak/hewan dan tanaman.
- (4) Tidak mengandung mikroba patogenik bagi tanaman, ternak dan manusia, serta tidak menularkan gulma jahat.
- (5) Tidak menjadi wahana penularan hama penyakit tanaman.
- (6) Tersedia bagi tanaman dan bermanfaat nyata pada hasil panen dan mutu produk.

- (7) Menunjukkan efektivitas hara bagi pertumbuhan tanaman secara nyata, bukan berdasarkan teori atau janji dan harapan yang tidak ilmiah.
- (8) Untuk pupuk buatan pabrik telah terstandarisasi mutunya, dengan mencantumkan kandungan hara serta kadarnya dan telah lulus uji efektivitasnya.
- (9) Memenuhi persyaratan halal bagi hukum Islam, atau persyaratan higienis secara umum.

Walaupun persyaratan pupuk untuk dapat digunakan tampaknya cukup banyak, namun sebenarnya ketentuan tersebut merupakan persyaratan wajar yang memang harus dimiliki oleh produk pupuk organik, maupun anorganik.

Penggunaan pupuk "sintetik anorganik"

Untuk pupuk buatan pabrik (sintetik anorganik) seperti Urea, SP36, KCl, ZA, dan sejenisnya, yang harganya relatif mahal, sebenarnya harus disadari bahwa penggunaannya harus rasional, tidak boros, dan efisien. Pupuk, fungsinya adalah penambah atau peningkatan fungsi tumbuh atau hasil panen. Tanaman pada umumnya memberikan tanggap positif yang sering bersifat regresif terhadap dosis pupuk sampai batas tertentu. Oleh karena itu dosis pupuk yang harus diberikan mempunyai kisaran yang cukup besar, dari dosis rendah, sedang, hingga dosis tinggi.

Dalam teknologi Revolusi Hijau Lestari, pupuk buatan pabrik diberikan dengan ketentuan sebagai berikut:

- (1) Anjuran dosis pupuk harus berdasarkan status hara dalam tanah dari hasil analisa tanah.
- (2) Berdasarkan target hasil panen yang ingin diperoleh.
- (3) Memperhitungkan asupan pupuk organik yang diberikan pada musim tanam yang bersangkutan.
- (4) Memperhatikan hara yang terangkut hasil panen, dalam rangka pelestarian kesuburan tanah.
- (5) Mendasarkan kebutuhan dan tanggap varietas yang ditanam.
- (6) Memperhatikan sifat fisiko-kimia tanah.

Atas dasar ketentuan tersebut maka fungsi pupuk anorganik sebagai penyedia hara dalam TRHL adalah: fungsi suplemen hara; penyedia hara ke arah optimal; penyeimbang ketersediaan hara; dan fungsi pemeliharaan (*maintenance*) hara dalam tanah.

Oleh karena itu pupuk anorganik bukan merupakan satu-satunya sumber hara bagi tanaman; pupuk anorganik berfungsi suplementer dan bersifat komplementer dengan sumber hara/jenis pupuk lainnya.

7. Pengendalian Gulma-Hama-Penyakit Terpadu dalam TRHL

Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) secara terpadu (PHT) sudah banyak dibahas dan didokumentasikan (Oka dan Bahagiawati 1991). Rumusan teknologi PHT pada dasarnya bertujuan agar OPT dapat terkendali secara alamiah dalam ekologi yang seimbang antara semua organisme penyusun ekologi. Dalam praktek, hal demikian sukar terjadi karena usaha pertanian sawah mengubah komponen ekologi menjadi "satu spesies dominan" yaitu tanaman padi. Hama, penyakit, dan gulma secara alamiah akan terseleksi ke arah OPT yang sesuai dengan tanaman padi, sehingga keseimbangan ekobiologi sukar diperoleh.

Teknologi RHL mempersyaratkan pengendalian OPT memenuhi kriteria sebagai berikut:

- (1) Mengutamakan peniadaan/minimalisasi sumber penularan, baik yang berasal dari tumbuhan inang, wilayah sekitar, lokasi setempat, atau terbawa masuk melalui sarana produksi dan alat dan mesin pertanian.
- (2) Pemutusan daur hidup OPT melalui pergiliran tanaman/varietas, dan pengaturan pola tanam yang tepat.
- (3) Penanaman varietas-varietas yang memiliki gen-gen ketahanan terhadap OPT; memanfaatkan kemampuan daya sangga genetik berbagai genotipe/varietas tanaman.
- (4) Pemanfaatan musuh alami, baik yang bersifat indigenous (asli) maupun berasal dari luar.
- (5) Penggunaan pestisida secara rasional, baik dari segi jenis yang dipakai, waktu aplikasi, dosis dan teknik aplikasi, sehingga memberikan efek residu minimal, tidak mematikan musuh alami, dan tidak mengakibatkan OPT menjadi kebal.
- (6) Penerapan teknik PHT secara efektif dan relevan.

Prinsip usahatani ramah lingkungan dan bertani secara sehat (*hygienic-farming*) seperti yang dianjurkan Sumarno *et al.* (2000) sangat relevan untuk mendukung TRHL. Pengendalian OPT dalam TRHL harus merupakan bagian integral dalam seluruh sistem usahatani di lahan sawah, termasuk sanitasi lingkungan, pergiliran tanaman, pergiliran varietas, bertani secara sehat, dan sebagainya, yang terencana dalam jangka pendek dan jangka panjang.

8. Penyediaan, Pemeliharaan dan Pemanfaatan Sumber Air secara Bijaksana

Air merupakan sarana produksi terpenting bagi sistem produksi padi sawah, namun kurang memperoleh perhatian petani. Ketersediaan dan kecukupan air pengairan masih dipandang sebagai suatu hal yang "seharusnya demikian" (*taken for granted*), belum memperhatikan aspek penghematan, efisiensi,

dan pelestariannya. Shah dan Strong (1999) memprediksi bahwa ketersediaan air untuk produksi pertanian akan menjadi semakin berkurang mulai abad XXI ini, dan akan menjadi faktor pembatas produksi penting, seperti halnya pupuk, hama, penyakit, dan gulma.

TRHL mempersyaratkan perlunya kesadaran petani dan seluruh masyarakat untuk hal-hal berikut:

- (1) Air yang tersedia secara melimpah berasal dari hujan, sungai atau sumber lain, harus dikonservasi/disimpan untuk digunakan pada periode waktu kering.
- (2) Masyarakat petani pengguna air harus ikut menjadi penjaga, pelestari, dan pemelihara sumber air, prasarana pengairan, dan mutu baku air pengairan.
- (3) Masyarakat pengguna air perlu aktif ikut mengkonservasi air dalam bendungan, waduk, embung, dam sederhana, untuk digunakan pada periode kering. Konsep “satu desa memiliki satu waduk” yang sangat populer di Sri Lanka perlu diadopsi desa-desa di Indonesia.
- (4) Air pengairan harus digunakan secara efisien, hemat, dan rasional, sehingga penyediaan air merata di seluruh cakupan saluran irigasi.
- (5) Air pengairan harus dipandang sebagai barang ekonomis yang tidak boleh dihaburkan penggunaannya.
- (6) Masyarakat di wilayah hulu-hilir harus bertindak/menjaga, melestarikan wilayah tangkapan dan serapan air, sehingga tidak terjadi banjir/longsor dan sumber air terpelihara.
- (7) Masyarakat pengguna air aktif merawat, menjaga dan memelihara badan air (bendungan, waduk, dam, embung) agar tidak terjadi pendangkalan oleh endapan erosi, infasi gulma, pengotoran oleh sampah dan plastik, serta pencemaran zat kimia beracun.
- (8) Masyarakat pengguna air ikut aktif merawat, memelihara, dan menjaga prasarana irigasi, termasuk saluran, pintu air, bak pembagi air, dan sebagainya.

Untuk menjadi pelaku teknologi RHL petani perlu menyadari bahwa air adalah barang berharga yang semakin langka, air merupakan kebutuhan bersama, dan pemeliharaan sumber/prasarana pengairan merupakan tanggung jawab dan tugas bersama. Di masa depan penggunaan air pengairan perlu diukur seperti halnya air untuk rumah tangga, dan petani membayar harga air sesuai banyaknya penggunaan.

9. Pendidikan dan Penyadaran Petani

Pelaku dan penanggung jawab terlaksananya Teknologi Revolusi Hijau Lestari adalah petani padi sendiri. Oleh karena itu, perlu dilakukan pendidikan dan

upaya penyadaran petani tentang pentingnya penerapan Teknologi Revolusi Hijau Lestari. Untuk dapat menyediakan bahan pangan yang cukup bagi generasi masa kini, masa depan dan waktu dalam jangka panjang yang akan datang, pilihan teknologinya hanya Teknologi Revolusi Hijau Lestari. TRHL harus menjadi agenda penyuluhan pertanian dan petani harus memahami serta mempraktekannya.

Ketahanan Pangan Nasional di Masa Depan

Apapun argumentasi yang dikemukakan dalam pencukupan pangan nasional, beras tetap menjadi pangan pokok sebagian besar bangsa Indonesia di masa depan. Kebutuhan beras nasional akan terus meningkat oleh adanya penambahan penduduk yang masih tinggi. Pertambahan penduduk Indonesia per tahun sekitar 4-5 juta, sehingga dalam 40 tahun ke depan (tahun 2045) penduduk Indonesia mencapai 320 juta, yang memerlukan beras sebanyak 40 juta ton per tahun. Kebutuhan beras dalam jangka menengah tahun 2020 saat penduduk Indonesia mencapai sekitar 275 juta sudah mencapai 34 juta ton.

Melihat pertambahan kebutuhan beras yang terus meningkat di masa mendatang, dengan luas lahan sawah yang terbatas dan konstan, tidak ada cara lain untuk pencukupan beras kecuali menerapkan Teknologi Revolusi Hijau Lestari (TRHL). Pertanian dengan masukan bahan organik tidak dapat menghasilkan pangan sebanyak produksi tahun 2005, apalagi untuk diharapkan meningkat 20% dalam 15 tahun.

Pengalaman panjang pertanian menggunakan masukan sarana produksi organik dari tahun 1900 s/d 1960 menunjukkan produktivitas lahan sawah hanya sekitar 1,8 t/ha beras (Tabel 1). Diversifikasi bahan pangan telah berjalan dengan baik di Indonesia, karena hasil panen semua bahan pangan, seperti ubi jalar, ubikayu, jagung, sorghum, sagu, dan impor terigu, telah dikonsumsi secara langsung ataupun lewat industri peternakan dan perikanan. Dalam kondisi pangan yang sudah terdiversifikasi tersebut, permintaan akan beras masih terus meningkat sejalan dengan pertambahan penduduk. Oleh karena itu ketahanan pangan nasional akan sangat lemah apabila pertanian masukan organik menjadi anjuran nasional, dan pertanian teknik Revolusi Hijau ditinggalkan.

Untuk menjawab kritik dampak negatif Teknologi Revolusi Hijau, maka Teknologi Revolusi Hijau Lestari (TRHL) perlu dirumuskan untuk dapat diterapkan. Rumusan TRHL yang dikemukakan pada makalah ini harus dinilai sebagai konsep yang perlu disempurnakan oleh para ahli di berbagai bidang, agar menjadi lebih operasional.

Pustaka

- Abas, S. 1997. Revolusi hijau dengan swasembada beras dan jagung. Departemen Pertanian, Jakarta.
- Amani Organik. 2003. Pemasaran produk pertanian organik. Konsolidasi Business Plan 2004-2008, SBU Agricultural Services, PT. Sucofindo (Persero). (tidak dipublikasikan).
- Baehaki, S.E. 2006. Tanaman kedelai pada pematang padi sawah, sebagai metode diversifikasi dan keanekaragaman hayati ekologi sawah. Puslitbangtan, Bogor. (tidak dipublikasikan)
- Brown, L.R. and H. Kane. 1994. Reassessing the earth's population carrying capacity. Full House, New York.
- Castillo, G.T. 1992. Sustainable agriculture begins at home. Workshop on Sustainable Agriculture. UPLB, Philippines. (unpublished).
- Conception, R.N. 2006. Multifunctionality of fugao rice terraces in the Philippines. Seminar Multifungsi dan Revitalisasi Pertanian. Balai Besar Litbang dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian, Bogor.
- Departemen Pertanian. 2005. 100 Years of Department of Agriculture. Jakarta
- Ehrlich, P. 1968. The Population Bomb. Ballantine-Book. New York.
- Greenland, D.J. 1997. The sustainability of rice farming. IRRI-CAB International. Walling Ford, Oxon, United Kingdom.
- IRRI. 2004. IRRI's environable development. IRRI, Los Banos, Philippines.
- Makarim, A.K. dan I. Las. 2005. Terobosan peningkatan produktivitas padi sawah irigasi melalui pengembangan model pengelolaan tanaman dan sumber daya terpadu (PTT). *Dalam: B. Suprihatno et al. (eds)*. Inovasi Teknologi Padi. Buku I. Puslitbangtan, Bogor. p.115-127.
- Malthus, T. 1798. Essay on the principle of population *In: A. Flew (ed.)*. 1982. An essay on the principle of population. Penguin Books, London.
- Oka, I.N. dan Bahagiawati. 1991. Pengendalian hama terpadu. E. Soenarjo *et al. (eds.)*: Padi, III. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor. p. 653-680.
- PPI. 2004. Rice. a practical guide to nutrient management. PPI-PPIC/IRRI. Norcross, Georgia, USA.
- Pranadji, T.S., dan W.K. Sejati. 2005. Pengelolaan serangga dan pertanian organik berkelanjutan di pedesaan: menuju revolusi pertanian gelombang ke tiga di abad 21. Forum Penelitian Agroekonomi, 23 (1): 38-47. Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian, Bogor.

- Shah, M. and M. Strong. 1999. Food in the 21st Century. From Sciences to Sustainable Agriculture. CGIAR Secretariat, World Bank, Washington D.C. USA.
- Stewart, W.M., D.W.Dibb, A.E. Johnston, and T.J. Smyth. 2005. The contribution of fertilizers nutrients to food production. *Agron. J.* 97 (1): 1-6. ASA, Wisconsin, USA.
- Sumarno dan M. Anwari. 1994. Dehomogenasi varietas tanaman menyerbuk sendiri untuk stabilitas hasil. Simposium Pemuliaan Tanaman. Universitas Brawijaya, Malang. (tidak dipublikasikan).
- Sumarno, I.G. Ismail, dan Soetjipto Ph. 2000. Konsep usahatani ramah lingkungan. *Dalam: A.K. Makarim et al. (eds.). Tonggak Kemajuan Teknologi Produksi Tanaman Pangan. Prosiding Simposium Penelitian Tanaman Pangan IV. Puslitbang Tanaman Pangan, Bogor.* p. 55-74.
- Sumarno dan Suyanto. 1998. Agroekoteknologi sebagai dasar pembangunan sistem usaha pertanian berkelanjutan. *Prosiding, Analisis Ketersediaan Sumber daya Pangan dan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. Badan Litbang Pertanian, Jakarta.* p. 235-256.
- Sumarno. 2004 Lahan pertanian sebagai penyangga kehidupan bangsa. *Kompas*, September 2004.
- Sumarno. 2006. Sistem produksi padi berkelanjutan. *IPTEK Tanaman Pangan, (Vol 1(1):1-18.*
- Treitz, W. And T.M. Narain. 1988. Conservation and management of the environment and natural resources in developing countries. *In: E. Javier and U. Renborg (eds.): The Changing Dynamics of Global Agriculture. ISNAR, DSE, CTA. DSE/ZEL Feldafing Germany.*p. 137-150.
- Uphoff, N. and A. Gani. 2003. Opportunities for rice self-sufficiency with the System of Rice Intensification (SRI). *Dalam: F. Kasryno et al. (eds.)* p. 397-418.