

KOMPONEN PENGENDALIAN HAMA DALAM PERTANIAN ORGANIK DAN PERTANIAN BERKELANJUTAN

Molide Rizal¹⁾ dan Yosi Skanda Mirza²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor
molide2012@gmail.com
SMA Negeri 10 Kota Bogor

ABSTRAK

Peningkatan produktivitas pertanian melalui pendekatan yang logis-realistis merupakan tantangan dalam memenuhi kebutuhan pangan. Pemenuhan kebutuhan pangan tidak boleh mengorbankan generasi mendatang. Sampai saat ini, peningkatan produksi pertanian dilakukan secara intensif berbasis agroinput kimia, sehingga muncul masalah, seperti (1) produktivitas pertanian memasuki spiral negatif akibat resistensi dan kemunculan hama sekunder, (2) kontaminasi lingkungan seperti (a) masalah kesehatan akibat bioakumulasi *DDT* dan *Organofosfat* yang berdampak toksisitas akut pada rantai makanan (b) gangguan terhadap aktivitas mikroba tanah dan (c) bahan aktif pestisida dengan spektrum luas dapat menurunkan keanekaragaman hayati. Strategi pertanian berkelanjutan harus mencakup keseimbangan dari tiga pilar utama, yaitu ekonomi, ekologi, dan sosial. Salah satu alternatif pendekatan untuk mewujudkan pertanian berkelanjutan adalah pertanian organik. Ruang lingkup pertanian organik mencakup kesehatan tanah, keamanan pangan dan manfaat ekonomi. Sistem manajemen produksi pertanian, bertujuan untuk meningkatkan keanekaragaman hayati, siklus biologi, dan aktifitas biologis tanah. Pengendalian hama, merupakan salah satu aspek penting dalam pertanian organik, dalam mewujudkan keamanan lingkungan dan keberlanjutan. Oleh karena itu dibutuhkan pendekatan secara holistik terhadap seluruh sistem pertanian dalam penentuan taktik pengendalian yang akan dipilih. Komponen pengendalian adalah (1) pengendalian budidaya, (2) pengendalian fisik, (3) pestisida nabati, (4) pengendalian hayati, (5) tanaman perangkap dan (6) peraturan pendukung.

Kata kunci: lingkungan, pertanian berkelanjutan, pertanian organik, pengendalian hama

PENDAHULUAN

Peningkatan populasi manusia menimbulkan tekanan terhadap sumberdaya lahan yang terbatas karena tuntutan untuk memenuhi kebutuhan pangan, serat dan bahan bakar. Aktivitas budidaya pertanian intensif berbasis agroinput kimia guna memenuhi kebutuhan tersebut justru telah meningkatkan ancaman terhadap lingkungan, sumberdaya alam, dan kualitas hidup petani. Oleh karena itu budidaya dalam upaya meningkatkan produktivitas pertanian harus dilakukan dengan pendekatan yang logis-realistis yaitu pertanian berkelanjutan dengan prinsip pemenuhan kebutuhan saat ini tidak boleh mengorbankan kebutuhan generasi mendatang.

Beberapa masalah yang muncul akibat praktek budidaya pertanian intensif berbasis agroinput kimia antara lain (1) Produktivitas pertanian memasuki spiral negatif akibat resistensi dan kemunculan hama sekunder, (2) Kontaminasi lingkungan seperti (a) Masalah kesehatan akibat bioakumulasi *DDT* dan *organofosfat* (*Ops*) yang berdampak toksisitas akut pada rantai makanan, (b) Gangguan terhadap aktivitas mikroba tanah, (c) Bahan aktif pestisida dengan spektrum luas dapat menurunkan keanekaragaman hayati.

Diperlukan komitmen bersama untuk memenuhi kebutuhan pangan dan serat dengan sistem produksi yang efisien, aman dan berkualitas guna meningkatkan kondisi sosial dan ekonomi petani, kualitas

hidup petani dan masyarakat secara keseluruhan, sekarang dan di masa depan, dengan cara melindungi dan meningkatkan kualitas lingkungan. Hal tersebut dapat diwujudkan melalui pendekatan pertanian terpadu yang berwawasan ekologis, di antaranya pertanian organik.

Makalah ini membahas berbagai aspek tentang pengendalian hama dalam pertanian organik, sebagai salah satu model pertanian berkelanjutan, agar budidaya pertanian bisa dilakukan secara berkelanjutan dan menguntungkan semua pihak baik produsen maupun konsumen.

PERTANIAN BERKELANJUTAN

Menurut strategi berkelanjutan, pertanian dipandang dari keseimbangan tiga pilar utama, yaitu ekonomi, ekologi, dan sosial (Lichtfouse, 2009). Sistem pertanian berkelanjutan diharapkan bisa berkontribusi terhadap kesejahteraan jangka panjang dengan memberikan makanan, barang dan jasa lainnya yang (1) layak secara ekonomi; berkenaan dengan pemenuhan kebutuhan makanan dan bahan mentah lainnya untuk saat ini dan masa depan secara efisien dan inovatif, (2) berwawasan lingkungan; konservasi sumber daya alam pertanian untuk memenuhi kebutuhan generasi mendatang sambil tetap mempertahankan dan meningkatkan ekosistem lain yang dipengaruhi oleh kegiatan pertanian, (3) diterima secara sosial; memenuhi nilai-nilai masyarakat luas, seperti mendukung masyarakat pedesaan dan menangani isu-isu kebudayaan/etika seperti masalah perlindungan hewan (OECD, 2003). Pemenuhan kebutuhan khususnya pangan saat ini seyogyanya tidak boleh mengorbankan kemampuan generasi mendatang.

Karakteristik pertanian berkelanjutan antara lain (a) pemeliharaan jangka panjang secara alami sumber daya dan produktivitas pertanian, (b) meminimalkan dampak merugikan terhadap lingkungan, (c) keuntungan ekonomi yang memadai bagi petani, (d) produksi tanaman yang optimal dengan input bahan kimia diminimalkan, (e) pemuasan kebutuhan manusia terhadap pangan dan pendapatan, dan (f) pemenuhan kebutuhan sosial keluarga dan kelompok tani (NRC, 1991). Elemen dari pertanian keberlanjutan adalah (a) konservasi tanah, (b) keragaman tanaman, (c) pengelolaan hara, (d) pengendalian hama terpadu, (e) tanaman penutup tanah, (f) pengembalaan bergiliran, (g) kualitas dan konservasi air, (h) agroforestri, dan (i) Pemasaran (Rao *et al.*, 2003).

Oleh karena itu konservasi dan peremajaan lahan pertanian adalah elemen penting dari setiap sistem pertanian berkelanjutan. Teknik pengelolaan lahan yang digunakan harus dapat mempertahankan, bahkan meningkatkan produktifitasnya dimasa depan. Empat poin yang ditetapkan oleh FAO dalam mengevaluasi keberlanjutan pengelolaan lahan atau *Framework for the Evaluation Sustainable Land Management* (FESLM) adalah (1) produksi harus dipertahankan; (2) risiko tidak meningkat; (3) kualitas tanah dan air harus dipertahankan dan (4) sistem harus layak secara ekonomis dan dapat diterima secara sosial (Lichtfouse, 2010). Perkembangan sistem pertanian *low input* tidak hanya tergantung pada keinginan petani dan konsumen, tetapi dipengaruhi juga oleh perubahan kebijakan nasional dan internasional.

Tanah adalah ruang dimana akar tumbuh. Di alam, tanah terbaik mengandung setidaknya 5-10% bahan organik. Mempertahankan kadar bahan organik di dalam tanah merupakan elemen penting dari produksi pertanian yang berkelanjutan. Jenis tanah terbaik untuk produksi pertanian memiliki ciri-ciri berikut (1) berdrainase baik, (2) daerah perakaran yang dalam, (3) mudah ditembus oleh udara, air dan akar, (4) kemampuan menahan air baik, (5) mengandung pasokan hara yang seimbang, (6) tahan erosi. Jika ciri-ciri tersebut tidak terpenuhi, maka perlu dilakukan pengelolaan untuk meningkatkannya dan memastikan keberlanjutannya.

Permasalahan yang terjadi pada tanah dipengaruhi oleh proses alami dan aktivitas manusia. Masalah utama tanah meliputi (1) hilangnya kesuburan tanah, (2) erosi, (3) salinitas, (4) sodisitas tanah, (5) penurunan struktur tanah, (6) pengasaman tanah, (7) penumpukan residu kimia. Di pihak lain, penurunan tutupan vegetasi serta pembukaan tanah dapat meningkatkan erosi. Kehilangan struktur tanah dapat terjadi karena teknik budidaya yang buruk dan penggunaan alat berat, atau karena lalu lintas dengan hewan berkuku (misalnya sapi, kuda). Penurunan kesuburan tanah terjadi karena tidak tergantikannya kehilangan unsur hara akibat produksi pertanian. Peningkatan kadar garam tanah disebabkan oleh pembukaan vegetasi atau praktek irigasi yang buruk. Genangan air merupakan akibat dari praktek-praktek irigasi yang buruk. Pengasaman tanah melalui penggunaan pupuk secara ekstensif, atau penanaman tanaman yang menyerap sejumlah besar kalsium dari tanah (misalnya tanaman alfalfa, *Medicago sativa*). Setiap bahan organik, jika dibiarkan cukup lama, akhirnya akan membusuk karena aktifitas mikro organisme. Pengomposan adalah sebuah cara untuk mengontrol proses ini dengan mempercepat laju dekomposisi dan meminimalkan kehilangan unsur hara.

Kesuburan tanah yang berkelanjutan berarti bahwa nutrisi tanah akan tersedia dalam jumlah yang sama di masa yang akan datang. Agar hal ini terjadi, nutrisi yang hilang dari tanah (dalam bentuk produksi tanaman, nutrisi terlarut, ternak, dll) perlu diganti. Ada beberapa cara untuk mengurangi hilangnya nutrisi dari tanah, termasuk pemupukan dengan pupuk kandang dan kompos, yang dihasilkan dari tanah kembali ke tanah dan meminimalkan kerugian akibat erosi, denitrifikasi dan pelarutan. Denitrifikasi tanah (yaitu hilangnya nitrogen ke atmosfer) dipengaruhi oleh sifat materi organik yang ada, aerasi tanah, kadar air tanah, pH, dan suhu. Pengelolaan tanah dapat mengurangi kehilangan nitrogen yang disebabkan oleh faktor tersebut. Sebagai contoh, petani dapat memanipulasi kelembaban tanah melalui irigasi dan praktek drainase. Tanah jenuh dapat menghasilkan lingkungan anaerobik yang diperlukan untuk denitrifikasi, sehingga praktek-praktek irigasi dapat diatur untuk menghindari genangan air. Menambahkan sejumlah besar bahan organik ke tanah dapat mengakibatkan tingginya tingkat ekspansi mikroba, yang menyebabkan lingkungan anaerobik yang denitrifikasi berlangsung cepat. Ini mengakibatkan dilema, karena bahan organik adalah bahan yang sangat bermanfaat di dalam tanah pada sistem pertanian yang berkelanjutan. Untuk jangka panjang, perlu meningkatkan aerasi yang meningkatkan struktur tanah, sehingga memperkecil peluang terjadinya kemungkinan denitrifikasi. Untuk meminimalkan kerugian akibat penguraian, disarankan untuk memberi pasokan nutrisi pada tingkat yang sama dengan tingkat serapan oleh tanaman. Penggunaan pupuk hijau yang dikubur kembali ke tanah akan mengurangi nitrogen akibat penguraian oleh mikroba. Residu berasal hampir seluruhnya dari akumulasi jangka panjang setelah penggunaan berulang pestisida, atau penggunaan pestisida atau bahan kimia lain dengan efek residual panjang. Masalah yang dihasilkan dari residu kimia antara lain efek toksik terhadap tanaman dan kontaminasi terhadap pekerja, ternak dan sungai yang berdekatan.

Cara yang umum dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah adalah menggunakan metode yang berkelanjutan antara lain menambahkan bahan organik. Tanah akan mendapatkan keuntungan dari penambahan bahan organik yang merupakan nutrisi yang berharga untuk tanah. Bahan organik akan membantu memperbaiki struktur tanah, juga akan meningkatkan penetrasi air dan drainase, serta meningkatkan aerasi.

Untuk bertahan hidup, tanaman harus mendapat nutrisi tertentu dalam jumlah yang tepat. Sekitar 16 nutrisi yang dibutuhkan oleh semua tanaman, yang diperoleh dari udara, air dan oksigen yaitu karbon (C), hidrogen (H) dan oksigen (O). Sisanya disebut nutrisi mineral, yaitu nutrisi yang secara alami diperoleh dari tanah. Beberapa tanaman juga memerlukan berbagai nutrisi lain untuk berkembang. Nutrisi tanaman dibagi menjadi dua kelompok, makro nutrien dan mikronutrien. Unsur-unsur utama adalah karbon (C),

hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S) (Mason, 2003). Nutrisi mineral yang digunakan dalam jumlah terbesar adalah nitrogen, fosfor dan kalium. Ketiga unsur ini adalah yang paling sering digunakan sebagai pupuk, baik dari sumber organik atau anorganik, untuk merangsang pertumbuhan tanaman.

Setiap nutrisi memiliki tujuan, dan kekurangan atau kelebihan pasokan gizi dapat memiliki pengaruh besar pada tanaman. Untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang sehat, jangan biarkan tanaman menderita kekurangan gizi atau keracunan. Asalkan menggunakan berbagai pupuk organik sebagai sumber bahan organik, tidak mungkin tanaman akan menderita karena kekurangan gizi. Nutrisi juga dapat dengan mudah hilang dari tanah melalui erosi, melalui pelarutan (hilangnya nutrisi larut ke dalam air tanah), melalui konversi nutrisi ke bentuk gas (misalnya gas amonia yang hilang ke atmosfer), dan melalui kehilangan bahan tanaman (misalnya bagian tanaman yang dipanen). Kompensasi untuk hilangnya nutrisi dengan cara seperti itu harus menjadi prioritas utama dari pertanian berkelanjutan. Pupuk kimia akan mengkompensasi kerugian ini dalam jangka pendek. Petani dapat menggunakan tanaman penutup tanah, serbuk mineral dan kompos yang melepaskan nutrisi secara perlahan-lahan. Hal ini memerlukan perencanaan yang matang karena manfaatnya hanya akan terakumulasi secara bertahap. Pertanian organik adalah salah satu pendekatan yang disarankan untuk pertanian berkelanjutan.

PERTANIAN ORGANIK

Menurut FAO (1999) pertanian organik adalah sistem manajemen produksi holistik yang meningkatkan kesehatan agro-ekosistem, termasuk keragaman hayati, siklus biologis, dan aktivitas biologi tanah. Menekankan penggunaan praktek manajemen dalam preferensi dengan penggunaan input luar pertanian, dengan mempertimbangkan bahwa kondisi daerah membutuhkan sistem adaptasi lokal. Hal ini dicapai dengan menggunakan metode agronomi, biologis, dan mekanik, sebagai kebalikan dari penggunaan bahan sintetis, untuk memenuhi fungsi spesifik dalam sistem.

Kata organik secara resmi di Amerika Serikat didefinisikan : Sebuah sistem manajemen produksi ekologi yang mempromosikan dan meningkatkan keanekaragaman hayati, siklus biologi dan aktivitas biologi tanah. Hal ini didasarkan pada penggunaan minimal input dari luar kebun dan praktik manajemen yang memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan keharmonisan ekologi. Semua jenis pertanian, berdampak pada lingkungan alam. Pada pertanian organik tidak diizinkan penggunaan pupuk kimia, pestisida dan fungisida sehingga menyebabkan pengurangan polusi bila dibandingkan dengan sistem konvensional. Salah satu fitur sistem pertanian organik, yaitu ketergantungan pada pasokan hara pertanian secara lokal yang berpotensi menimbulkan dampak positif pada sumber daya alam. Bukti menunjukkan bahwa pertanian organik cenderung untuk melestarikan kesuburan tanah yang lebih baik daripada sistem pertanian konvensional dan memiliki tingkat aktivitas biologis yang lebih tinggi dari dalam hal kelimpahan cacing tanah. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa kelimpahan dan keanekaragaman hayati flora dan fauna lebih tinggi dalam sistem pertanian organik dibandingkan dengan sistem produksi lainnya. Kelimpahan lebih besar dari aktivitas mikroba, artropoda dan gulma mendorong satwa liar lainnya lebih banyak dalam rantai makanan, seperti burung, meskipun lebih sering terjadi penyiangan pada pertanian organik dapat merusak sarang burung, cacing dan invertebrata (OECD, 2003).

Inti pertanian organik adalah mempertahankan dan meningkatkan kualitas tanah, sedangkan prinsip pertanian organik adalah menutup siklus hara di lahan pertanian dengan mengembalikan hara ke lahan pertanian dalam bentuk kompos. Alternatif lain untuk memperbaiki kekurangan nutrisi melalui pupuk kandang. Bahan organik meningkatkan kesehatan ekosistem dan merangsang pertumbuhan organisme

tanah. Di pihak lain, bahan organik tanah tunduk pada dekomposisi biokimia dan transformasi dengan berbagai tingkat fragmentasi, transformasi, dan biodegradasi.

Karakteristik produksi organik menurut *Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM)* meliputi (1) Meningkatkan siklus biologi, (2) Menjaga sumber daya lingkungan dengan penggunaan secara efisien dan *re-using*, (3) Tidak bergantung pada sumber daya eksternal secara terus menerus, (4) Meminimalkan polusi, (5) Mempertahankan keragaman genetik daerah (Mason, 2003). Sistem produksi organik dirancang untuk (1) Meningkatkan keanekaragaman hayati, (2) Meningkatkan aktivitas biologi tanah, (3) Menjaga kesuburan tanah jangka panjang, (4) Daur ulang limbah tumbuhan dan hewan untuk kembali sebagai nutrisi ke tanah, sehingga meminimalkan penggunaan sumber daya tidak terbarukan, (5) Bergantung pada sumber daya terbarukan dalam sistem pertanian, (6) Meningkatkan penggunaan tanah, air dan udara secara sehat, serta meminimalkan semua bentuk polusi yang mungkin timbul dari praktek pertanian, (7) Menangani produk pertanian dengan penekanan pada metode pengolahan secara hati-hati untuk menjaga integritas organik dan kualitas penting produk di semua tahapan (Dabbert *et al.*, 2003).

Pada pertanian organik berlangsung proses-proses ekologis yang meningkatkan nutrisi tanaman melalui konservasi sumber daya lahan. Mempertahankan dan meningkatkan kualitas lahan adalah pusat perhatian dalam pertanian organik. Oleh karena itu, praktek-praktek yang dapat meningkatkan materi organik adalah ciri pertanian organik sebagai upaya untuk mempertahankan humus tanah, sebagai dasar kesuburan alami tanah itu. Salah satu prinsip pertanian organik adalah siklus hara tertutup di lahan pertanian. Prinsip siklus hara tertutup dapat diartikan mengembalikan sampah rumah tangga organik dalam bentuk kompos ke lahan pertanian atau memperbaiki kekurangan nutrisi melalui pupuk kandang sebagai alternatif.

Pemupukan dengan kompos dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah. Bahan organik merupakan sumber nutrisi (nitrogen, sulfur, dan fosfor) dan memainkan peran penting dalam pembentukan dan stabilisasi struktur tanah. Struktur tanah menentukan drainase dan ketahanan terhadap erosi. Bahan organik juga meningkatkan kesehatan ekosistem tanah dan merangsang organisme dan melindungi tanaman dari penyakit. Bahan organik tanah tunduk pada dekomposisi biokimia dan transformasi dan ada berbagai tingkat fragmentasi, transformasi, dan biodegradasi. Aktivitas mikroflora tanah (pengurai) memobilisasi nutrisi seperti nitrogen sehingga tergantung pada pasokan berulang.

Sistem produksi organik dirancang untuk (a) Meningkatkan keragaman biologis di dalam keseluruhan sistem; (b) meningkatkan aktivitas biologis tanah; (c) Mempertahankan kesuburan tanah dalam jangka panjang; (d) Daur ulang sisa-sisa tanaman dan hewan untuk mengembalikan nutrisi ke lahan, oleh karena itu meminimalisir penggunaan bahan-bahan yang tidak bisa diperbarui; (e) Mengandalkan sumber-sumber bahan lokal yang bisa diperbarui dalam sistem pertanian yang terorganisir; (f) mempromosikan pemanfaatan tanah, air dan udara secara sehat sebagaimana halnya meminimalisir semua bentuk polusi yang dapat dihasilkan dari praktek budidaya pertanian; (g) penanganan produk-produk pertanian dengan penekanan terhadap pengolahan secara hati-hati guna mempertahankan integritas keorganikan dan keutamaan mutu dari produk pada semua tahapan produksi; (h) memantapkan keberadaan usahatani organik melewati periode konversi, yang lamanya ditentukan oleh kondisi spesifik lokasi, antara lain faktor-faktor seperti sejarah penggunaan lahan dan jenis tanaman atau ternak yang akan diproduksi.

Faktor utama yang mempengaruhi kelayakan ekonomi dari produksi organik adalah pasar premium untuk produk organik. Premium mencerminkan manfaat yang dirasakan dari praktek pertanian organik secara ekonomi. Pertanian organik dapat diterima secara sosial karena ada persepsi yang kuat pada konsumen bahwa makanan organik lebih aman, sehat dan diproduksi dengan cara yang ramah. Bukti empiris menunjukkan bahwa makanan organik tumbuh dan memiliki lebih sedikit residu pestisida

dibanding makanan hasil pertanian konvensional. Pertanian organik biasanya membutuhkan tenaga kerja lebih banyak dibanding pertanian konvensional terutama disebabkan oleh substitusi input kimia oleh tenaga kerja, dan proporsi kegiatan padat karya yang lebih tinggi. Mungkin ada manfaat lebih besar yang timbul dari citra positif terkait dengan pertanian organik untuk pariwisata dan usaha kecil. Pertanian organik melarang penggunaan pupuk, pestisida dan fungisida kimia sehingga menyebabkan pengurangan polusi bila dibandingkan dengan sistem pertanian konvensional.

PENGENDALIAN HAMA PADA PERTANIAN ORGANIK

Hama adalah setiap organisme yang mengurangi ketersediaan, kualitas atau nilai sumber daya bagi kepentingan manusia termasuk hasil panen (Bailey *et al.*, 2010). Hama dalam pengertian yang luas, adalah hewan atau tanaman yang menyebabkan bahaya atau kerusakan terhadap manusia, hewan ternaknya, tanamannya meskipun hanya sekedar mengganggu dapat dikategorikan sebagai hama (Hill, 2008). Hama tanaman dalam perspektif pertanian termasuk (1) patogen tanaman (jamur, bakteri, virus, nematoda dan lainnya), (2) gulma, (3) invertebrata (terutama serangga, tungau dan moluska) dan (4) sejumlah kecil spesies vertebrata. Sekitar 67.000 spesies hama telah dilaporkan menjadi kendala yang signifikan terhadap produksi pertanian. Kerusakan tanaman akibat hama dapat terjadi secara langsung (yaitu tanaman dimakan oleh hama) atau tidak langsung (akibat persaingan nutrisi dan sebagai vektor penyakit tanaman) (Bailey *et al.*, 2010).

Pengendalian hama merupakan salah satu aspek penting dalam pertanian organik yang membutuhkan suatu pendekatan holistik terhadap seluruh sistem pertanian, antara lain (1) Pengendalian budidaya; (2) Pengendalian fisik; (3) Pengendalian biologi; (4) Tanaman perangkap (*Companion planting*); (5) Peraturan pendukung (*Legislasi*). Dewasa ini, sebagian besar petani bergantung pada pestisida kimia dalam pengelolaan hama. Pestisida kimia memiliki efisiensi tinggi, biaya rendah, dan aplikasi yang mudah, tetapi memiliki dampak negatif yang signifikan. Efek negatif penggunaan pestisida antara lain dapat terjadi toksisitas akut pada rantai makanan atau efek negatif terhadap ekosistem. Sebagai contoh, empat kelompok senyawa utama insektisida sintetik yang diperkenalkan secara luas sejak tahun 1940-an: organoklorin (OC), organofosfat (OP), karbamat, dan piretroid sintetik (PS). DDT, insektisida golongan OC yang tersedia secara komersial mulai tahun 1942 bekerja dengan mengganggu pergerakan ion di neuron saraf (neurotoksin). DDT dan OP dapat mengalami bioakumulasi dalam cadangan lemak hewan dan semakin terkonsentrasi sepanjang rantai makanan sehingga mengakibatkan efek toksik terhadap organisme *non-target*. Pestisida PS adalah kelas senyawa neurotoksik yang bekerja dengan mempengaruhi aktivitas saluran Natrium dalam membran plasma sel-sel saraf. Piretroid memiliki toksisitas yang sangat rendah untuk mamalia dan burung serta sangat larut dalam air dengan demikian jadi pilihan populer sebagai insektisida. PS digunakan sangat luas terhadap hama pertanian dan tanaman hortikultura. Setelah Perang Dunia II, fungisida kimia dan herbisida juga dikembangkan. Contoh fungisida sintetik antara lain senyawa dithiocarbamates, trichloromethylmercapto, imidazol, benzimidazole, acylalanines dan carboxamide.

Efek negatif akibat penggunaan pestisida kimia terhadap ekosistem adalah karena dapat membunuh organisme bukan sasaran seperti gangguan terhadap aktivitas mikroba tanah. Bahan aktif pestisida kimia sintetik mempunyai spektrum luas (membunuh berbagai spesies hama) menguntungkan bagi petani dan produsen tetapi dapat menurunkan keanekaragaman organisme non-hama.

Ketika pestisida membunuh hama dan musuh alaminya, pengaruhnya tergantung pada spektrum aktivitas pestisida. Hama sekunder dapat terjadi ketika organisme yang sebelumnya tidak berbahaya karena jumlahnya sedikit, akibat aksi musuh alami, berubah menjadi masalah karena populasinya meningkat tanpa

musuh alami. Pestisida kimia tidak selalu efektif membunuh hama tetapi dapat menimbulkan masalah jika penggunaan tidak tepat. Penggunaan pestisida yang tidak tepat dapat menyebabkan efek negatif yang mengurangi efektivitas dalam mengendalikan hama sasaran. Resiko resistensi (ketahanan terhadap pestisida) meningkat jika pestisida yang sama dipakai berulang. Pestisida dapat memiliki toksisitas terhadap mamalia, tergantung pada tingkat paparan.

Masalah resistensi, kemunculan hama sekunder dapat mengakibatkan petani memasuki spiral negatif sehingga harus meningkatkan jumlah dan jenis aplikasi pestisida dari tahun ke tahun. Produsen harus mengeluarkan biaya besar untuk menemukan bahan aktif pestisida yang baru. Di sisi lain, pembatasan penggunaan oleh pemerintah karena membahayakan manusia dan lingkungan juga terus meningkat.

Biopestisida adalah agen biologi yang diproduksi dari mikroorganisme hidup atau produk alami untuk kontrol tanaman, terdiri atas (1) mikroorganisme (bakteri, jamur, virus dan protozoa); (2) biokimia (produk tanaman seperti minyak, senyawa yang disintesis oleh organisme lain seperti kitin dan kitosan); (3) semiokemikal (feromon serangga digunakan dalam perangkap atau untuk kawin gangguan). Amerika Serikat menggunakan teknologi DNA rekombinan untuk perlindungan dari hama (Bailey *et al.*, 2010).

Pengendalian biologis dilakukan dengan menggunakan musuh alami atau dikenal dengan agensia hayati. Musuh alami adalah organisme yang mampu membunuh atau melemahkan organisme lain, yang terdiri atas (1) serangga predator dan tungau; (2) parasitoid, yaitu serangga yang hidup bebas pada tahap dewasa, sedang pada tahap larva parasitoid pada serangga lain; dan (3) parasit, mikroba patogen dan antagonis, seperti nematoda, jamur, bakteri, virus dan protozoa (Bailey *et al.*, 2010).

Pengendalian hama dan penyakit secara organik dapat dilakukan dengan prinsip (1) habitat yang menguntungkan populasi musuh alami, (2) augmentasi jasad yang bermanfaat, (3) pembatas fisik, (4) pemikat non sintetis, (5) perangkap penolak, dan (6) pengaturan waktu tanam. Pestisida yang diizinkan adalah yang alami (non sintetis), antara lain (1) mineral (tanah diatom, soda kue), (2) agensia hayati (*Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*), (3) pestisida nabati (rotenon, mimba, piretrum). Senyawa sintetis yang diperbolehkan (a) mineral (belerang, tembaga), (b) sabun (bekerja sebagai insektisida, herbisida), (c) minyak sayuran (kisaran sempit, superior), (d) feromon.

Pengelolaan tanah akan berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung terhadap pengendalian hama. Rotasi tanaman akan merusak siklus hidup hama, dan tekanan gulma dari waktu ke waktu. Rotasi tanaman adalah salah satu komponen penting dari sistem pertanian organik karena merupakan mekanisme utama untuk membangun tanah yang sehat, cara utama untuk mengendalikan hama, dan memiliki berbagai manfaat lainnya (Mohler and Johnson, 2009).

PENUTUP

Pengendalian hama, sebagai salah satu aspek penting dalam pertanian organik, harus berdasarkan strategi keamanan dan keberlanjutan lingkungan, dengan pendekatan holistik terhadap seluruh sistem pertanian. Pertanian organik adalah mempertahankan dan meningkatkan kualitas tanah, dengan cara menutup siklus hara di lahan pertanian dengan mengembalikan hara ke lahan pertanian dalam bentuk kompos. Oleh karena itu, penentuan strategi dan taktik pengendalian hama yang akan dipilih tidak boleh mengganggu aktivitas organisme di dalam tanah yang berfungsi dalam pemeliharaan kesuburan tanah dan siklus penyediaan hara bagi tanaman. Secara umum, strategi pengendalian yang disarankan adalah (1) Pengendalian budidaya; (2) Pengendalian fisik; (3) Pengendalian biologi; (4) *Companion planting*; (5) Legislasi. Sedangkan taktik pengendalian yang dapat ditempuh antara lain (1) menyediakan habitat yang

menguntungkan populasi musuh alami, (2) augmentasi jasad yang bermanfaat, (3) membuat pembatas fisik, (4) memasang pemikat non sintetis, (5) menggunakan perangkat penolak, dan (6) pengaturan waktu tanam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bailey A, D Chandler, WP Grant, J Grant, G Prince and M Tatchell. 2010. *Biopesticides: Pest Management and Regulation*. CABI, Wallingford, UK. 239 p.
- Dabbert S, AM Harings and R Zanolli. 2003. *Organic Farming: Policies and Prospects*. Zed Books Ltd, London.
- FAO. 1999. *Organic Agriculture*. Food and Agriculture Organisation of The United Nations, Rome.
- Hill D. 2008. *Pests of Crops in Warmer Climates and Their Control*. Springer Science, New York, 708 p.
- Lichtfouse E. 2009. *Sustainable Agriculture Review-4*. Springer Science, New York, 414 p.
- Lichtfouse E. 2010. *Sustainable Agriculture Reviews Sociology, Organic Farming, Climate Change and Soil Science*. Springer Science, New York, 498 p.
- Mason J. 2003. *Sustainable Agriculture 2nd Ed*. Landlinkpress, Collingord Vic., Australia. 205 p.
- Mohler CL and SE Johnson. 2009. *Crop Rotation on Organic Farms: A Planning Manual*. New York :Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES). 163 p.
- NRC. 1991. *Toward Sustainability*. National Research Council, Washington DC. 163 p.
- OECD. 2003. *Organic Agriculture: Sustainability, Market and Policies*. CABI Publishing, Wallingford,UK. 406 p.
- Rao P, R Veeraraghavaiah, S Hemalatha and B Joseph. 2003. *Farming System and Sustainable Agriculture. Training on Farming System and Sustainable Agriculture*, 149 p.