

INOVASI TEKNOLOGI PENGENDALIAN OPT RAMAH LINGKUNGAN PADA CABAI: UPAYA ALTERNATIF MENUJU EKOSISTEM HARMONIS

Technological Innovation of Sustainable Pest and Disease Management on Chili Peppers: An Alternative Effort to Establish Harmonious Ecosystems

Ahsol Hasyim, Wiwin Setiawati, dan Liferdi Lukman

Balai Penelitian Tanaman Sayuran

Jalan Tangkuban Perahu No. 517, Lembang-Bandung Barat 40391

Telp. (022) 2786245, Faks. (022) 2786416

e-mail: ahsolhasyim@yahoo.co.id, balitsa@litbang.pertanian.go.id

Diajukan: 14 November 2014; Direvisi: 14 Januari 2015; Disetujui: 27 Januari 2015

ABSTRAK

Cabai merupakan salah satu komoditas pilihan bagi petani karena mempunyai nilai jual yang tinggi. Pengusahaan cabai dilakukan secara intensif tanpa mempertimbangkan prinsip pertanian berkelanjutan sehingga mengakibatkan timbulnya ledakan organisme pengganggu tanaman (OPT), penurunan kesuburan tanah, dan pencemaran lingkungan. Selain itu, introduksi sistem pertanian monokultur dan varietas modern menyebabkan hilangnya keragaman genetik, sebagai contoh 70% spesies burung dan 49% spesies tanaman kini terancam. Hal ini diperparah oleh perubahan iklim yang meningkatkan serangan OPT dan menurunkan produksi cabai antara 25-100%. Pengendalian OPT ramah lingkungan akhir-akhir ini dikembangkan dalam usaha tani cabai untuk menurunkan penggunaan pestisida sintetis. Oleh karena itu, perlu dikembangkan teknologi yang dapat mengatasi dampak variabilitas iklim dan kejadian cuaca ekstrem. Indikator keberhasilan pengendalian OPT ramah lingkungan ialah (1) keseimbangan ekosistem tetap terjaga; (2) biodiversitas tetap lestari; (3) residu pestisida minimal; dan (4) biaya produksi menurun. Teknologi pengendalian OPT ramah lingkungan dapat diterapkan bila pemerintah berfungsi sebagai fasilitator melalui kebijakan dengan memberikan insentif kepada produsen untuk mengadopsi cara pengendalian OPT ramah lingkungan dan insentif bagi konsumen yang mengonsumsi produk bersih. Dukungan terhadap kegiatan penelitian pengendalian OPT ramah lingkungan perlu pula ditingkatkan. Peraturan perundangan dalam diseminasi dan implementasi pertanian berwawasan lingkungan perlu pula diperkuat.

Kata kunci: Cabai, pengendalian organisme pengganggu tanaman, ekosistem, pertanian berkelanjutan

ABSTRACT

Chili pepper becomes the primary commodity planted by farmers due to its high value. Intensive chili farming without gives consideration on sustainable agriculture principles has led to the outbreak of plant pests and diseases, degradation of soil fertilities and environmental pollution. Introduction of monoculture cropping systems and modern varieties has caused the loss of genetic diversity, for example 75% species of birds and 49% species

of plants are now endangered. Climate change has exacerbated the high intensity of pest and disease attack which decreases chili pepper production up to 25-100%. In the recent years, environmentally-friendly pest management is established to reduce the use of synthetic pesticides. Further, new farming technologies should be developed to overcome the impact of increasing climate variability and extreme weather events. Indicators of the successful application of environmentally friendly pest management are (1) the ecosystem balance is maintained; (2) biodiversities remain stable; (3) pesticide residues are minimized; and (4) production cost can be reduced. Environmentally friendly pest management technologies could be applied if the government serves as a facilitator through policies that provide incentives for producer to adopt those technologies and for consumers who consume the clean product. In addition, support for the research and development on the environmentally friendly pest management should be improved. Further, legislation support for the dissemination and implementation of sustainable agriculture based on environmental perspective should be strengthened.

Keywords: *Chillies, pest and disease management, ecosystems, sustainable agriculture*

PENDAHULUAN

Pada lima tahun terakhir (2010-2014), budi daya sayuran khususnya cabai mengalami gangguan yang berat akibat fenomena alam El Nino dan La Nina atau musim kemarau/hujan yang berkepanjangan dan musim kemarau basah. Tanaman cabai menjadi mati kekeringan atau busuk dan produksinya menurun drastis. Kondisi ini diperparah oleh tingginya serangan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang mengakibatkan kehilangan hasil antara 25-100%. Serangan OPT terjadi pada semua tahap pengelolaan agribisnis cabai, yakni sebelum masa tanam, di pertanaman, tempat penyimpanan, dan pengangkutan produk. Akibatnya banyak petani yang merugi dan konsumen harus membayar mahal untuk cabai yang dibeli. Pada tahun 2010, harga cabai meningkat tajam, mencapai Rp100.000-Rp150.000/kg dari harga awal

sekitar Rp30.000/kg. Lonjakan harga cabai ini mendorong petani untuk kembali menggunakan pestisida kimia sintetis untuk menjamin keberhasilan panen.

Lonjakan harga cabai yang terjadi hampir setiap tahun menempatkan cabai sebagai salah satu komoditas strategis yang mendapat perhatian dari *stakeholders* termasuk pemerintah. Hasil penelitian Boga (2014) menunjukkan bahwa lonjakan harga cabai berkorelasi positif dengan tingginya curah hujan yang biasanya terjadi pada bulan Oktober sampai Februari. Pada bulan-bulan tersebut, produktivitas dan luas panen cabai menurun akibat meningkatnya serangan OPT dan gagalnya pengendalian secara konvensional. Untuk menghadapi tantangan tersebut diperlukan inovasi teknologi yang berkelanjutan dengan memanfaatkan sumber daya lokal, memerhatikan perubahan iklim, mengembangkan varietas unggul tahan OPT, dan memerhatikan potensi wilayah.

Pada abad ke-21, kemajuan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) pertanian minimal harus dapat menjawab dua hal, yaitu (1) dampak perubahan iklim dan (2) keterbatasan sumber daya di tengah kebutuhan manusia yang terus berkembang. Dalam SIPP (2013) dijelaskan bahwa setiap usaha pertanian harus mengikuti *Good Agricultural Practices* (GAP), *Good Handling Practices* (GHP), *Good Manufacturing Practices* (GMP), dan *Good Corporate Governance* (GCG) yang mendorong kesejahteraan masyarakat dan ramah lingkungan serta menciptakan nilai tambah ekonomi bagi pengguna.

Kebijakan pembangunan yang mempertahankan kelestarian lingkungan dan kekhawatiran akan dampak buruk penggunaan pestisida kimia perlu didukung dengan pengendalian OPT yang didasarkan pada pertimbangan ekologi/epidemiologi dalam rangka pengelolaan agro-ekosistem yang berwawasan lingkungan. Pengendalian OPT dengan mempertimbangkan kelestarian lingkungan memiliki risiko yang kecil, tidak mengakibatkan hama menjadi kebal ataupun resurgensi, serta aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan.

Pengendalian OPT ramah lingkungan akhir-akhir ini sering menjadi wacana dalam usaha tani cabai. Hal ini sesuai dengan UU No. 12/1992, PP No. 6/1995, dan UU No. 13/2010 tentang Hortikultura yang mengisyaratkan bahwa perlindungan tanaman dilakukan sesuai dengan sistem pengendalian hama terpadu (PHT). PHT merupakan salah satu cara pengamanan produksi dari masalah OPT dengan memadukan beberapa cara pengendalian melalui pendekatan yang lebih mengutamakan peran agro-ekosistem. Selain itu, PHT merupakan langkah yang sangat strategis dalam menyikapi tuntutan masyarakat dunia akan produk yang aman dikonsumsi, kelestarian lingkungan, serta pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan.

Upaya pengendalian OPT ramah lingkungan dengan menurunkan penggunaan pestisida kimia dapat

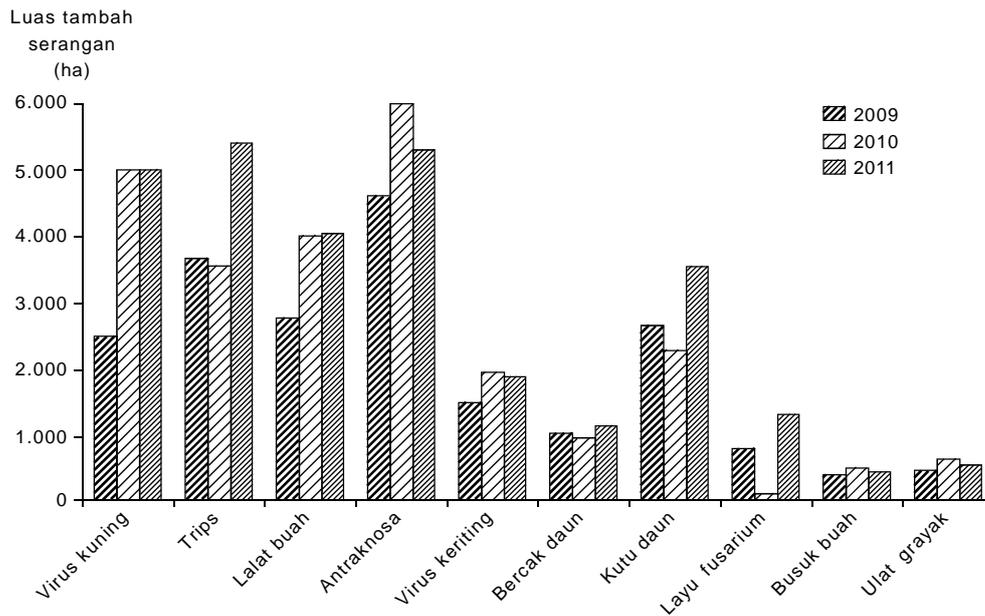
meningkatkan ketersediaan musuh alami yang ada di alam. Penggunaan pestisida selain berdampak positif juga dapat menimbulkan dampak negatif bila penggunaannya kurang bijaksana karena dapat menyebabkan resurgensi, resistensi, matinya musuh alami, dan pencemaran lingkungan melalui residu yang ditinggalkan serta menyebabkan keracunan pada manusia yang dampaknya untuk jangka panjang lebih merugikan dibandingkan dengan manfaat yang diperoleh. Oleh karena itu, perhatian terhadap pengendalian OPT yang lebih ramah lingkungan semakin besar untuk menurunkan penggunaan pestisida sintetis. Selain itu, teknologi yang diterapkan harus disesuaikan dengan variabilitas iklim yang makin meningkat dan kejadian cuaca ekstrem.

Penerapan pengendalian OPT ramah lingkungan pada tanaman cabai memberikan manfaat berupa (1) peningkatan produktivitas cabai secara berkesinambungan; (2) kelestarian lingkungan; (3) keamanan dan keselamatan petani; dan (4) keamanan konsumen. Indikator kesuksesan penerapan pengendalian OPT ramah lingkungan adalah: (1) keseimbangan ekosistem tetap terjaga; (2) keanekaragaman hayati tetap lestari; (3) residu pestisida minimal; dan (4) biaya produksi dapat ditekan.

STATUS OPT CABAI, NILAI EKONOMI YANG DIAKIBATKAN, DAN PENGENDALIAN SECARA KONVENSIONAL

Dewasa ini kerusakan dan kehilangan tanaman cabai akibat serangan OPT semakin beragam. Sifat tanaman, faktor lingkungan, kepadatan populasi OPT, teknik budi daya tanaman, dan tindakan petani dalam mengelola usaha tani merupakan faktor-faktor yang memengaruhi kerusakan tanaman, selain OPT dan saat berlangsungnya investasi. Sampai saat ini belum ada data yang lengkap tentang kehilangan hasil panen cabai akibat serangan OPT penting di Indonesia. Namun demikian, kehilangan hasil cabai karena serangan OPT secara ekonomi mempunyai arti yang sangat penting.

Hasil survei di Jawa Barat, DI Yogyakarta, Jawa Timur, dan Bali pada musim kemarau, kemarau basah, dan musim hujan menempatkan thrips (*Thrips parvispinus*), tungau (*Polyphagotarsonemus latus*), ulat buah (*Helicoverpa armigera*), lalat buah (*Bactrocera* sp.), antraknosa (*Colletotrichum* spp.), layu fitoptora (*Phytophthora capsici*), dan layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) sebagai OPT penting pada tanaman cabai merah dan cabai rawit. Kehilangan hasil akibat OPT tersebut mencapai 25-100% (Setiawati *et al.* 2011b; Setiawati dan Sumarni 2012; Setiawati *et al.* 2013a). Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2012) melaporkan bahwa pada tahun 2009-2011, luas tambah serangan OPT cabai cenderung meningkat dari tahun ke tahun (Gambar 1).



Gambar 1. Luas tambah serangan (LTS) organisme pengganggu tanaman utama pada cabai, 2009-2011.

Besarnya kehilangan hasil akibat OPT mendorong petani untuk menggunakan pestisida yang dianggap satu-satunya cara tercepat dan paling efektif untuk mempertahankan hasil cabai. Pestisida bagi petani pada umumnya dianggap sebagai jaminan produksi sehingga penggunaannya cenderung kurang bijaksana dengan jumlah dan jenis yang berlebihan. Berdasarkan hasil survei, terdapat lebih dari 60 jenis pestisida yang digunakan petani di sentra produksi cabai dengan frekuensi penggunaan berkisar antara 2-3 hari sekali dalam setiap minggu atau sekitar 35-50% dari total biaya produksi. Adiyoga (2007) dan Setiawati *et al.* (2011a) melaporkan bahwa dalam satu musim tanam, para petani menggunakan pestisida 21-30 kali. Penggunaan pestisida secara menyeluruh dalam pertanian mencapai 15.416 ton atau meningkat sekitar 7%/tahun. Di Brebes (Jawa Tengah), penggunaan pestisida sintetis sangat intensif, rata-rata tiga hari sekali, dengan mencampurkan 2-6 jenis pestisida (AVRDC 2007). Dari survei yang dilakukan oleh tim independen yang dibentuk oleh PSA Kementerian Pertanian dilaporkan bahwa penggunaan pestisida pada beberapa komoditas sayuran termasuk cabai merah sangat intensif dan cenderung melebihi dosis, terutama apabila tingkat serangan OPT sangat tinggi.

Rata-rata setiap tahun pestisida yang beredar di Indonesia meningkat 31,92% (Setiawati *et al.* 2008). Namun demikian, jenis pestisida baru dengan cara kerja baru yang didaftarkan dan diedarkan semakin sedikit. Jumlah pestisida biologis dan pestisida nabati yang didaftarkan dan diizinkan kurang dari 5% dari jumlah formulasi pestisida yang diizinkan di Indonesia (Untung 2008). Praktik pengendalian OPT demikian akan meninggalkan

residu pestisida yang kemungkinan melebihi batas maksimum residu (BMR) yang berlaku di negara tujuan ekspor. Hasil penelitian Yuwanto *et al.* (2012) menunjukkan bahwa insektisida profenofos pada cabai di Pinrang (Sulawesi Selatan) melewati BMR, yaitu mencapai 7,43 mg/kg. Residu insektisida golongan organofosfat dengan bahan aktif profenofos pada cabai mencapai 5 mg/kg.

Berbagai klaim terhadap produk ekspor pertanian Indonesia di banyak negara sudah sering terjadi. Sayuran produksi petani Sumatera Utara ditolak pasar Singapura karena mengandung residu pestisida yang melebihi BMR yang berlaku di negara tersebut. Paprika pernah ditolak memasuki Taiwan karena dikhawatirkan mengandung hama lalat buah. Hal ini tentu saja menimbulkan kerugian besar bagi negara, eksportir maupun petani.

Peningkatan penggunaan pestisida menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, termasuk produktivitas tanaman dan menstimulasi terjadinya degradasi kapasitas regulator (parasitoid/predator dan lainnya) dalam suatu ekosistem. Selain mengakibatkan produksi tidak efisien dan menimbulkan dampak negatif terhadap OPT target dan ekosistem, produk yang dihasilkan juga tidak akan dipilih konsumen yang saat ini memilih konsep yang disebut *consumer value perception* (CVP). Dengan konsep CVP tersebut, konsumen tidak hanya memerhatikan harga produk yang akan dikonsumsi, tetapi juga atribut-atribut lain yang melekat pada produk tersebut, misalnya aman dikonsumsi, bebas residu pestisida, dan atribut ekologis lainnya. Hasil penelitian proporsi jumlah *input-output* selama beberapa tahun mengindikasikan bahwa sistem pertanian konvensional tidak efisien (Adiyoga *et al.* 2010). Oleh karena itu, perlu

strategi atau metode untuk mencegah kerusakan sumber daya alam dan lingkungan dengan memerhatikan faktor ekologis, nilai ekonomis, efisien, dan pada akhirnya dapat meningkatkan kesejahteraan petani.

PRINSIP DASAR PENGENDALIAN OPT RAMAH LINGKUNGAN

Pengertian OPT

Dalam Undang-Undang No. 13 Tahun 2010 tentang Hortikultura, OPT adalah semua organisme yang dapat merusak, mengganggu kehidupan, atau menyebabkan kematian tumbuhan. Keberlanjutan adalah penggunaan lingkungan dan sumber daya untuk memenuhi kebutuhan masa kini tanpa mengganggu/membahayakan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhannya. Lingkungan yang berkelanjutan dimaksudkan sebagai upaya pemeliharaan ekosistem global atau sumber daya alam global (*natural capital*) sebagai sumber *input* maupun sebagai tempat pembuangan limbah produksi.

Teknologi pengendalian OPT ramah lingkungan merupakan cara pengendalian dengan menggunakan cara-cara yang dapat menekan dampak negatif terhadap lingkungan dan lebih mengarah pada penggunaan produk hayati. Di dalamnya mencakup teknik sistem pertanian, seperti tumpang sari (*intercropping*), penggunaan tanaman perangkap, varietas tahan, dan biopestisida. Di Indonesia, pengendalian OPT ramah lingkungan dimulai pada pertengahan 1986, yaitu sejak dikeluarkannya Instruksi Presiden (Inpres) No. 3 Tahun 1986 yang melarang penggunaan 57 jenis insektisida yang terbukti menimbulkan resistensi dan resurgensi hama. Dalam hubungannya dengan upaya implementasi sistem PHT, subsidi pestisida yang tadinya mencapai 80% diturunkan menjadi 40-45% pada tahun 1987 dan mulai Januari 1989 dihapus. Pada tahun 1989, dengan dukungan USAID dan bantuan teknis FAO, Pemerintah Indonesia mulai mengimplementasikan Program Nasional PHT Fase I yang dikoordinasikan oleh Bappenas sampai tahun 1993/1994 dan dilaksanakan di sembilan provinsi. Program Nasional PHT Fase II diselenggarakan pada tahun 1994/1995 sampai 1998/1999 di 12 provinsi.

Sukses yang dicapai dalam pengembangan dan implementasi PHT pada tanaman padi, palawija, dan sayuran melalui Program Nasional PHT sejak tahun 1989/1990 sampai 1999/2000 sangat penting untuk pembangunan pertanian berkelanjutan. Idealnya, praktik PHT harus ramah lingkungan, dari segi ekonomi layak dan dari segi sosial diterima oleh masyarakat (Londhe 1999). Di negara-negara berkembang, konsep keberlanjutan mencakup dua sasaran utama, yaitu peningkatan

produktivitas dan pelestarian lingkungan. Penekanan kegiatan produksi dan konservasi sangat bergantung pada tingkat perkembangan kelembagaan, produktivitas perekonomian, dan nilai-nilai sosial.

Ada enam prinsip teknologi ramah lingkungan, yaitu *recycle*, *recovery*, *reduce*, *reuse*, *refine*, dan *retrieve energy*. *Refine* artinya memakai bahan yang ramah lingkungan dan melalui sistem yang lebih aman dari teknologi sebelumnya. *Reduce* artinya mengurangi jumlah limbah dengan cara memaksimalkan pemakaian bahan. *Reuse* yaitu menggunakan kembali beberapa bahan yang tidak terpakai atau telah berbentuk limbah serta diolah dengan cara yang berbeda. *Recycle* hampir sama dengan *reuse*, namun *recycle* memakai kembali bahan-bahan atau limbah dengan sistem yang sama. *Recovery* artinya pemakaian bahan khusus dari limbah untuk diolah demi kepentingan yang lain. *Retrieve energy* yaitu penghematan daya dalam suatu sistem produksi.

Pengendalian OPT ramah lingkungan harus dievaluasi berdasarkan beberapa ciri atau kriteria sebagai berikut:

1. Aman menurut wawasan lingkungan, berarti kualitas sumber daya alam dan vitalitas keseluruhan agroekosistem dipertahankan mulai dari kehidupan manusia, tanaman, dan hewan sampai organisme berguna ditingkatkan. Sumber daya lokal dimanfaatkan sedemikian rupa sehingga dapat menekan terjadinya kehilangan hara, biomassa dan energi, dan menghindarkan terjadinya polusi serta lebih menitikberatkan pada pemanfaatan sumber daya terbarukan.
2. Menguntungkan secara ekonomi, berarti petani dapat menghasilkan sesuatu yang cukup untuk memenuhi kebutuhan sendiri/pendapatan dan dapat menjaga kelestarian sumber daya dan menekan risiko terhadap lingkungan.
3. Adil menurut pertimbangan sosial, berarti sumber daya dan tenaga tersebar sedemikian rupa sehingga kebutuhan dasar semua anggota masyarakat terpenuhi. Demikian juga setiap petani mempunyai kesempatan yang sama dalam memanfaatkan lahan, memperoleh modal dan bantuan teknik, serta memasarkan hasil. Semua orang mempunyai kesempatan yang sama berpartisipasi dalam menentukan kebijakan di lapangan maupun dalam lingkungan masyarakat itu sendiri.
4. Manusiawi terhadap semua bentuk kehidupan, berarti tanggap terhadap semua bentuk kehidupan (tanaman, hewan, dan manusia). Prinsip dasar semua bentuk kehidupan adalah saling mengenal dan hubungan kerja sama antarmakhluk hidup adalah kebenaran, kejujuran, percaya diri, kerja sama, dan saling membantu. Integritas budaya dan agama dari suatu masyarakat perlu dipertahankan dan dilestarikan.
5. Mudah diadaptasi, berarti masyarakat pedesaan/petani mampu menyesuaikan dengan perubahan kondisi

usaha tani, seperti penambahan penduduk, kebijakan, dan permintaan pasar. Hal ini tidak hanya berhubungan dengan perkembangan teknologi, tetapi juga inovasi sosial dan budaya.

TEKNOLOGI PENGENDALIAN OPT RAMAH LINGKUNGAN

Dalam menghadapi era perdagangan bebas, pengembangan tanaman cabai di Indonesia harus dipacu baik produktivitas maupun efisiensinya agar mampu bersaing di pasar global. Teknologi yang dikembangkan harus berbasis pada potensi domestik atau mengurangi ketergantungan pada bahan baku maupun teknologi dari luar negeri. Teknologi pengendalian OPT, selain penggunaan insektisida kimia, sangat diperlukan petani. Hal ini mengikuti perkembangan permintaan pasar yang mulai mempertimbangkan keamanan produk bagi konsumen dan kesadaran untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Teknologi yang ramah lingkungan menjadi salah satu prioritas kebutuhan.

Pengelolaan Ekosistem dengan Cara Bercocok Tanam

Pengelolaan ekosistem yang baik menyebabkan tanaman memiliki “ketahanan lingkungan” karena pertumbuhan tanaman tidak sesuai (sinkron) dengan siklus perkembangan OPT atau kurang sesuai secara nutrisi maupun iklim mikro, serta populasi musuh alami meningkat dan lebih beragam. Keseimbangan nutrisi (nitrogen, fosfor, dan kalium) dan dosis pupuk yang tepat penting untuk mendukung pertumbuhan dan melindungi tanaman dari serangan OPT. Secara umum, pemberian pupuk N yang tinggi dapat memengaruhi serangan OPT cabai. Semakin tinggi dosis pupuk N, semakin tinggi serangan *Spodoptera* sp. (Manuwoto dan Scriber 1985; Chen *et al.* 2008) dan *Bemisia tabaci* (Setiawati *et al.* 2011a). Hal ini berkaitan dengan meningkatnya kadar glukosa, fruktosa, dan sukrosa dalam daun (Bi *et al.* 2001). Prasanna dan Kumar (2011) menyatakan bahwa kelimpahan populasi hama dipengaruhi oleh penggunaan pupuk organik dan pupuk kimia sintetis yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman tinggi, hijau, lunak, sukulen/berair, dan daun bertambah lebar. Selanjutnya Chen *et al.* (2008) menyatakan penggunaan pupuk dosis tinggi dapat menginduksi hormon dan mengurangi produksi terpenoid aldehida.

Sistem tanam sangat memengaruhi kelimpahan populasi OPT. Menurut Kruger (2001), populasi *B. tabaci* sangat rendah pada sistem tanam tumpang sari karena hama tersebut sulit membedakan atau menentukan tanaman

inang utama. Setiawati *et al.* (2008) menyatakan bahwa tumpang sari cabai dan kubis dapat menekan populasi *B. tabaci* dibandingkan dengan cabai dan mentimun atau cabai merah dan kedelai (Mohamad Roff *et al.* 2005). Hal ini karena tanaman kubis mengandung glukosinolat yang berpengaruh terhadap populasi *B. tabaci* (Radwan *et al.* 2007; Poelman *et al.* 2009).

Beberapa jenis tanaman yang berfungsi sebagai *companion planting* dapat digunakan untuk mengurangi serangan *B. tabaci* antara lain tumpang sari cabai dan tagetes, dan penanaman jagung atau gandum di sekitar tanaman cabai. Tumpang sari cabai dan buncis tegak, atau cabai dan kubis atau kubis bunga dapat menekan serangan OPT pada tanaman cabai sebesar 55,20% dan meningkatkan populasi musuh alami antara 19,17-32,19% dengan nilai kesetaraan lahan 1,65-1,94 (Setiawati dan Asandhi 2003; Setiawati *et al.* 2014). Kehadiran tanaman tomat dalam budi daya cabai memberikan efek sinergis terhadap pertumbuhan tanaman dan tingkat serangan hama dan penyakit busuk daun (Duriat *et al.* 1992; Sastroswajo *et al.* 1995; Setiawati *et al.* 2008). Tanaman tinggi yang berwarna kuning (misalnya jagung atau bunga matahari) dapat menjadi *border* atau tanaman “perangkap” (*trap crop*) di sekeliling pertanaman cabai. Kutu daun bersayap yang bermigrasi akan hinggap lebih dahulu pada tanaman perangkap.

Keuntungan lain dari sistem tanam tumpang sari adalah efisiensi dalam pengolahan tanah, pemupukan, dan tenaga kerja, perbaikan iklim mikro, keseimbangan air dan daur ulang hara internal, serta meningkatkan pendapatan petani (Suwandi *et al.* 2003). Bagi petani kecil di negara berkembang, atribut penting sistem tanam tumpang sari yang paling menarik adalah kemampuannya dalam mengurangi risiko karena kegagalan satu jenis tanaman akan dikompensasi oleh keberhasilan panen tanaman yang lain (Adiyoga *et al.* 2004). Sistem tanam tumpang sari sudah banyak diterapkan petani dan memiliki berbagai karakteristik yang sejalan dengan upaya mewujudkan keseimbangan antara kelestarian lingkungan dan pendapatan petani.

Pergiliran/rotasi tanaman bertujuan untuk memutus daur hidup OPT sehingga populasinya ditekan dengan cara mencegah tersedianya makanan serta tempat hidup dan berkembang biak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rotasi tanaman dengan tanaman yang sama pada dua musim berurutan pada tanaman cabai masih dapat dilakukan dengan memerhatikan kebersihan atau sanitasi lingkungan pada setiap musim tanam.

Penggunaan mulsa dapat memengaruhi kelimpahan OPT. Penggunaan mulsa jerami dapat meningkatkan serangan *T. parvispinus* sebesar 32,68% dan *P. latus* sebesar 48,59% dibandingkan dengan mulsa plastik hitam perak (Setiawati *et al.* 2013b). Mulsa plastik hitam perak

dapat menurunkan populasi trips karena mempengaruhi refleksi cahaya dan suhu (Hoddle *et al.* 2002; Stapleton dan Summers 2002). Menurut Fahrurrozi dan Stewart (1994), cahaya matahari yang dapat dipantulkan warna perak sebesar 33%. Penggunaan mulsa plastik hitam perak dapat mengurangi suhu di sekitar tanaman cabai sebesar 0,89°C karena penguapan air tanah dihambat oleh lembaran plastik dan kembali lagi ke rizosfer. Penggunaan mulsa plastik juga dapat mengurangi persentase pembentukan pupa di dalam tanah serta mencegah perkolasi dan gerakan air tanah sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan air irigasi (Lamont 1993).

Perakitan Varietas Unggul Cabai Tahan OPT

Peningkatan populasi OPT cabai akibat perubahan iklim menuntut adanya varietas cabai yang adaptif terhadap dinamika OPT di lapangan. Sampai saat ini penggunaan varietas tahan untuk pengendalian OPT cabai masih terbatas. Penyakit antraknosa dan virus kuning merupakan penyakit utama pada tanaman cabai yang dapat mengakibatkan kehilangan hasil 20-100%.

Untuk menanggulangi OPT cabai telah dilakukan pencarian gen-gen ketahanan terhadap OPT penting melalui persilangan dan introduksi. Sejak 3 tahun terakhir, skrining ketahanan terhadap antraknosa dan virus kuning berhasil mengidentifikasi sejumlah klon dengan ketahanan spesifik terhadap OPT cabai, meskipun hasilnya masih bervariasi. Cheema *et al.* (1984) menyatakan bahwa ketahanan terhadap antraknosa bersifat aditif dan resesif. Sementara menurut Park *et al.* (1990), ketahanan terhadap antraknosa dikendalikan oleh gen yang bersifat dominan parsial dan poligenik. Beberapa galur cabai hasil introduksi dari Taiwan dapat dikembangkan sebagai sumber gen karena mempunyai tingkat ketahanan yang cukup tinggi terhadap antraknosa, yaitu galur AVPP1102- B, AVPP0513, AVPP0719, AVPP0207, dan AVPP1004- B (Hasyim *et al.* 2014). Selanjutnya Kirana *et al.* (2014) melaporkan persilangan dari empat tetua jantan dan dua tetua betina menunjukkan respons yang berbeda dari enam genotipe calon tetua persilangan setelah diinokulasi biakan murni *Colletotrichum acutatum*. AVPP 0207 dan Perisai termasuk ke dalam genotipe cabai tahan antraknosa, sedangkan AVPP0407, PP0537-7558, Tanjung-2, dan Kencana memiliki diameter lesi lebih besar dari 4 mm sehingga termasuk rentan. Hasil penelitian ini melengkapi informasi tentang galur cabai yang tahan terhadap penyakit antraknosa, khususnya yang disebabkan oleh *C. acutatum*.

Sekitar 75 nomor varietas cabai merah yang terdiri atas varietas hibrida, *open pollinated* (OP), lokal, plasma nutfah, dan dari koleksi yang lain telah diuji ketahanannya

terhadap virus kuning gemini yang ditularkan secara bertahap oleh vektor *B. tabaci*. Varietas komersial yang terpilih sebagai varietas imun atas dasar tidak terinfeksi di rumah kaca (inokulasi artifisial) dan infeksi alami di lapangan meliputi 0735-5675-1, 0735-5623-1, LV-3633 CMV Res 19, Punjab Lal, PBC 549-3, VC-34a, Padang 4 CMV keriting, 0735-5696-1, 0735-5626-1, dan Rama. Varietas atau galur komersial yang resisten (insiden virus < 30%) masih memberikan hasil panen > 75% walau diinfeksi virus gemini, yakni varietas Rama, Mexihot, 0735-5601-2, Bagayo, Meteoximo, dan TM-999. Dua varietas pada kelompok toleran (insiden virus > 30%) masih menunjukkan hasil panen di atas 57%, yaitu Keriting 09 dan OR-369. Dari 20 galur yang diuji, galur AVPP1103-B, AVPP0207, AVPP1004-B, Kencana, dan Flash 750 mempunyai ketahanan yang relatif tinggi terhadap penyakit virus kuning dengan kerusakan < 20% (Hasyim *et al.* 2014).

Pemanfaatan Sumber Daya Hayati Domestik

Pengendalian alami OPT secara konvensional seperti musuh alami banyak terdegradasi akibat penggunaan pestisida yang kurang bijaksana. Namun, sumber daya hayati (SDH) domestik (*indigenous*) belum banyak disentuh dalam pengelolaan tanaman terpadu (*integrated crop management*); demikian pula dalam pengelolaan lingkungan terpadu (*integrated environmental management*), khususnya pada sayuran termasuk cabai merah. Oleh karena itu, dalam pengendalian OPT ramah lingkungan, peranan musuh alami lebih diutamakan, terutama musuh alami domestik dengan cara menciptakan lingkungan yang mendukung berfungsinya musuh alami secara maksimal.

Trichoderma diketahui memiliki kemampuan antagonis terhadap cendawan patogen. *Trichoderma* mudah ditemukan pada tanah dan akar tanaman. Cendawan ini termasuk mikroorganisme yang menguntungkan, avirulen terhadap tanaman inang, dan dapat memarasit cendawan lain. *Trichoderma* sp. mampu menekan perkembangan antraknosa antara 63,89-91,37%. *T. harzianum* lebih efektif dibandingkan dengan *T. koningii* dan *T. viride*.

Cendawan entomopatogen (*Beauveria* sp., *Metarhizium* sp., *Paecilomyces*, dan *Verticillium* sp.) dapat menyerang berbagai jenis serangga hama dengan kisaran inang yang luas, mempunyai kapasitas reproduksi tinggi, siklus hidup pendek, dapat membentuk spora yang bertahan lama di alam, aman, selektif, dan kompatibel dengan insektisida kimia. Patogenisitas cendawan *V. lecanii* terhadap hama *S. litura* tertinggi (90-100%) terjadi pada hari kelima setelah perlakuan pada konsentrasi 10²-

10^8 , dan efektif terhadap instar I-III (Kristini *et al.* 2010). Pada konsentrasi 10^8 cendawan *B. bassiana* dan *V. lecanii* mampu menekan populasi *B. tabaci* masing-masing 91,09% dan 94,19%. Kerapatan spora tertinggi terjadi pada konsentrasi *B. bassiana* 10^7 dan 10^8 . Efikasi cendawan entomopatogen akan meningkat bila dikombinasikan dengan predator *Menochilus sexmaculatus*.

Menochilus sexmaculatus Fabr. (Coleoptera: Coccinellidae) sangat potensial untuk pengendalian *B. tabaci* secara hayati (Eusebio 2005; Mohamad *et al.* 2005; Nopempath 2005; Setiawati *et al.* 2005). Predator tersebut terdapat pada berbagai jenis tumbuhan berbunga (sumber polen) dan terserang kutu (sumber mangsa), mulai dari dataran rendah sampai dataran tinggi. Imago *M. sexmaculatus* mampu bertahan hidup tanpa makan selama empat hari. Selain itu, *M. sexmaculatus* termasuk predator generalis, memangsa *Aphis cracivora*, *Myzus persicae*, *Nilaparvata lugens*, *B. tabaci*, *Thrips parvispinus*, dan *Aspidiotus destructor*. Dalam satu hari, predator *M. sexmaculatus* mampu memangsa *B. tabaci* 51,50 ekor, sedangkan *M. persicae* mampu memangsa *B. tabaci* 168,75 ekor (Muharam dan Setiawati 2007). Khan and Khan (2002) menyatakan *M. sexmaculatus* mampu memangsa 240 ekor aphid. Pelepasan *M. sexmaculatus* satu ekor per tanaman yang dikombinasikan dengan aplikasi insektisida imidakloprid mampu menekan populasi *B. tabaci* dan mengurangi insiden penyakit virus kuning sebesar 72,18%. Pelepasan predator 300 ekor/0,5 ha dan insektisida nabati dapat menekan populasi kutu kebul hingga 70% dan penyakit virus kuning 10% (Setiawati *et al.* 2005).

Feromon Seks untuk Mengendalikan *Helicoverpa armigera* pada Cabai

Feromon seks merupakan salah satu alat untuk memantau populasi hama dan sekaligus dapat digunakan untuk menekan serangan *H. armigera*. Aspek positif penggunaan feromon seks dalam pengendalian hama antara lain (1) menghemat penggunaan insektisida; (2) mencegah resistensi dan resurgensi; (3) menghindari pencemaran lingkungan; dan (4) mudah dikombinasikan dengan komponen pengendalian yang lain. Feromon seks efektif menekan populasi *H. armigera* (Tamhankar *et al.* 2001; Jantan dan Mohd. 2001; Kumar dan Shivakumara 2003; Wang *et al.* 2005; Zhao *et al.* 2009). Hasil serupa dilaporkan Hasyim *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa ketertarikan ngengat jantan terhadap feromon bervariasi, tertinggi pada feromon dari betina dara umur 4 hari sebesar 20,33% dibandingkan dengan feromon sintetis yang hanya mampu menarik ngengat jantan 9,22%. Kombinasi antara feromon dan insektisida mampu menekan kehilangan hasil cabai merah akibat serangan *H. armigera* antara 61,10-62,18% dibandingkan dengan kontrol (Hasyim *et al.* 2013).

Pemanfaatan Biopestisida

Lebih dari 2.300 jenis tumbuhan diketahui dapat digunakan sebagai pestisida nabati dan tidak kurang dari 100 jenis tumbuhan mengandung bahan aktif insektisida. Serai wangi (*Cymbopogon nardus*) merupakan tumbuhan yang banyak digunakan sebagai insektisida nabati. Setiawati *et al.* (2011b) melaporkan minyak serai mengandung 37 jenis senyawa. Kandungan yang paling besar ialah sitronela (35,97%), nerol (17,28%), sitronelol (10,03%), geranil asetat (4,44%), elemol (4,38%), limonen (3,98%), dan sitronelil asetat (3,51%). Senyawa sitronela bersifat racun dehidrasi (*desiccant*). Racun tersebut merupakan racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian karena kehilangan cairan terus-menerus. Serangga yang terkena racun ini akan mati karena mengalami kekurangan cairan. Serai wangi dilaporkan efektif untuk mengendalikan berbagai jenis hama. Pada konsentrasi 3.000-5.000 ppm minyak serai wangi efektif untuk mengendalikan *H. armigera* pada cabai merah (Hasyim *et al.* 2010). Minyak serai konsentrasi 2.000-5.000 ppm paling efektif mengendalikan nimfa *B. tabaci* (vektor penyakit virus kuning) dan aman terhadap predator *M. sexmaculatus*.

Ekstrak tanaman babadotan (*Ageratum conyzoides*), kirinyuh (*Eupatorium odoretum*), dan tagetes (*Tagetes erecta*) dapat menjadi salah satu alternatif cara pengendalian *Myzus persicae* dan *Trialeurodes vaporariorum*. Kelebihan ketiga ekstrak tanaman tersebut ialah tidak memberikan efek buruk terhadap musuh alami seperti predator *M. sexmaculatus*.

Biopestisida legundi (*Vitex negundo*) dan berenuk (*Crescentia cujete*) efektif untuk mengendalikan hama pengisap seperti *T. parvispinus* dan tungau (*Poli-phagotarsonemus latus*). Penggunaan biopestisida ATECU (10 ml/l) efektif terhadap *T. parvispinus* dan *P. latus*, meningkatkan populasi predator *M. sexmaculatus* 87,18%, menghemat penggunaan insektisida sintetis 50%, dan menekan biaya penggunaan pestisida 96,39% dengan keuntungan Rp292.830.000 (Setiawati *et al.* 2013c). ATECU (10 ml/l) merupakan insektisida hasil fermentasi tanaman nimba + kacang babi dan urine sapi.

Biopestisida berbahan aktif babadotan (*A. conyzoides*), mengkudu (*Morinda citrifolia*), tagetes (*T. patula*), jawer kotok (*Coleus scutellarioides*), dan kelor (*Moringa oleifera*) efektif terhadap penyakit antraknosa (*C. acutatum*), *Phytophthora capsici*, dan bakteri layu yang diakibatkan oleh *Ralstonia solanacearum* dengan tingkat efikasi di laboratorium lebih dari 70% (Setiawati *et al.* 2014). Tiga jenis penginduksi dari bahan nabati seperti bayam duri, bunga pukul empat, dan bunga pagoda dapat memperpanjang waktu inkubasi serangan penyakit CMV, virus kuning, dan antraknosa.

Dampak Penerapan Pengendalian OPT Ramah Lingkungan

Implementasi pengendalian OPT ramah lingkungan yang diaplikasikan pada sistem PHT cabai merah di sentra produksi bawang merah/cabai di Kecamatan Ciledug, Kabupaten Cirebon pada tahun 2001 memberikan dampak positif, yaitu: (1) menurunkan residu pestisida dalam umbi bawang merah dan buah cabai maupun dalam tanah jauh di bawah BMR, dan (2) meningkatkan keanekaragaman hayati fauna di pertanaman dan di dalam tanah serta populasi musuh alami (predator dan antagonis) (Moekasan *et al.* 2001). Di Kabupaten Ciamis pada tahun 2012, pengendalian OPT ramah lingkungan pada kondisi ekstrem mampu menekan penggunaan pestisida 73,33% dengan hasil panen 15,46 t/ha. Aplikasi teknologi tersebut juga menurunkan suhu tanah 0,89°C dan emisi CO₂ 38,76% serta dipilih oleh 60% petani dan petugas peserta pelatihan (Setiawati *et al.* 2012). Selanjutnya Setiawati *et al.* (2014) melaporkan bahwa pengendalian OPT ramah lingkungan dapat meningkatkan populasi predator *M. sexmaculatus* (87,18%) dan Artropoda tanah pada ekosistem cabai.

Penerapan pengendalian OPT ramah lingkungan pada sistem tanam tumpang gilir bawang merah dan cabai lebih menguntungkan (R/C = 1,47) daripada non-PHT (R/C = 0,84) (Moekasan *et al.* 2001). Setiawati *et al.* (2013c) juga melaporkan pengendalian OPT ramah lingkungan dapat menekan biaya penggunaan pestisida 96,39% dan keuntungan mencapai Rp292.830.000/ha.

IMPLEMENTASI PENGENDALIAN OPT RAMAH LINGKUNGAN DALAM PROGRAM PHT BERBASIS EKOLOGI

Penerapan pengendalian OPT cabai ramah lingkungan berkembang cukup pesat dan mampu mengurangi penggunaan insektisida sintesis di Indonesia, Thailand, Vietnam, dan Filipina (Yorobe dan Rejesus 2014). Di Kamboja, *T. harzianum* dan pestisida nabati banyak digunakan untuk pengendalian OPT cabai. India lebih memilih mengembangkan biopestisida berbahan aktif tumbuhan untuk mengendalikan OPT cabai. Di Jepang, pengendalian OPT cabai ramah lingkungan lebih banyak menggunakan agen hayati, yaitu parasitoid dan predator.

Pengendalian OPT secara hayati berupaya meningkatkan sumber daya alam serta memanfaatkan proses-proses alami yang terjadi di alam. Pengendalian OPT ramah lingkungan tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan produksi dalam jangka pendek, tetapi juga untuk mencapai tingkat produksi yang stabil dan memadai dalam jangka panjang. Di Afrika pengendalian OPT ramah lingkungan yang dikembangkan yaitu penggunaan varietas tahan, polikultur, dan penggunaan musuh alami.

Untung (1994) melaporkan bahwa bentuk dan konsep pertanian berwawasan lingkungan banyak dihubungkan dengan perkembangan praktik pertanian dengan istilah pertanian ekologi, pertanian biologi, *ecofarming*, pertanian hemat energi, *low input sustainable agriculture*, dan pertanian alternatif. Pengendalian OPT ramah lingkungan melalui PTT cabai merah mulai diterapkan pada tahun 2003 di Sumatera Utara, Sumatera Barat, Lampung, Jawa Barat, dan Nusa Tenggara Timur dan menghasilkan beberapa komponen pengendalian berupa pestisida nabati dan predator *M. sexmaculatus* untuk menekan serangan hama pengisap dan virus kuning. Pada tahun 2012-2014 penerapan PHT di Sumatera Utara, Sumatera Barat, Jawa Barat, Jawa Timur, Bali, dan Sulawesi Utara menghasilkan komponen pengendalian ramah lingkungan seperti penggunaan agen hayati *Trichoderma* sp. untuk menekan serangan penyakit penting pada tanaman cabai.

Pada tahun 2011-2014, penerapan PHT untuk pertanian berkelanjutan dilaksanakan di Jawa Timur dan Bali dan menghasilkan teknologi pengendalian ramah lingkungan berupa teknologi *grafting*, *rain shelters*, biopestisida, dan agen hayati *Trichoderma* sp. Pada tahun 2015, Direktorat Jenderal Hortikultura akan melaksanakan berbagai kegiatan untuk mendukung program pengendalian OPT cabai ramah lingkungan di seluruh provinsi di Indonesia, antara lain pengelolaan dan pengendalian OPT cabai serta pengembangan klinik PHT, laboratorium PHP, laboratorium agen hayati, dan laboratorium pestisida.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI KEBIJAKAN

Kesimpulan

1. Penggunaan pestisida yang berlebihan, terutama di negara-negara berkembang, telah menjadi ancaman serius bagi kesehatan manusia, khususnya petani dan pekerja di sektor pertanian. Pengaruh jangka panjang residu berbagai jenis pestisida dalam makanan belum diketahui secara pasti, namun risiko kesehatan yang ditimbulkan jelas tinggi.
2. Penggunaan teknologi ramah lingkungan merupakan solusi yang tepat. Pengendalian OPT ramah lingkungan dapat menekan serangan OPT pada tanaman cabai merah serta meningkatkan daya dukung lingkungan dan hasil panen. Teknologi tersebut dapat diterima masyarakat/pengguna karena mudah diterapkan, hemat biaya, dan memberikan keuntungan yang menjanjikan.

Implikasi Kebijakan

1. Perlunya meningkatkan dukungan kegiatan penelitian dan pengembangan terhadap konsep pengendalian

- OPT ramah lingkungan dan memperkuat dukungan peraturan perundang-undangan terhadap pelaksanaan pertanian berkelanjutan berwawasan lingkungan serta sosialisasi dan implementasinya di lapangan
2. Perlunya penguatan kelembagaan yang berfungsi sebagai penyedia informasi teknologi dan harga cabai. Hal ini karena fluktuasi harga cabai yang tajam sangat memengaruhi kinerja petani dalam menerapkan teknologi pengendalian OPT.
 3. Pemerintah harus berfungsi sebagai fasilitator melalui kebijakan yang dapat memberikan insentif bagi produsen untuk mengadopsi teknologi pengendalian OPT ramah lingkungan dan insentif bagi konsumen yang mengonsumsi produk bersih.
 4. Pemerintah perlu memanfaatkan globalisasi ekonomi sebagai peluang untuk menumbuhkan perekonomian bangsa. Kemampuan dan daya saing nasional dalam memasuki era globalisasi ekonomi perlu ditingkatkan. Dengan koordinasi yang efektif dan efisien, semua pemangku kepentingan (*stakeholders*) termasuk petani harus berupaya secara maksimal untuk meningkatkan kemampuannya dalam menghasilkan produk pertanian yang memenuhi persyaratan teknis yang diminta konsumen global.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyoga, W., R. Suherman, N. Gunadi, dan A. Hidayat. 2004. Aspek nonteknis dan indikator efisiensi sistem pertanian tumpang-sari sayuran dataran tinggi. *J. Hort.* 14(3): 1-11.
- Adiyoga, W. 2007. Overview of production, consumption and distribution aspects of hot pepper in Indonesia. Annual Report. Indonesian Vegetables Research Institute, Lembang.
- Adiyoga, W., N. Sumarni, dan U.S. Nugraha. 2010. Pertanian masukan energi luar rendah dan pertanian berkelanjutan LEISA (*low-external-input and sustainable agriculture*) serta prospek penerapannya pada usahatani sayuran. <http://www.scribd.com/doc/44637662/Pertanian-Masukan-Energi-Luar-Rendah-Dan-Pertanian-Berkelanjutan-LEISA-Serta-Prospek-Penerapannya-Pada-Usahatani-Sayuran>. [Diakses 8 Januari 2013].
- AVRDC. 2007. AVRDC Report 2004. AVRDC Publication Number 07-691. AVRDC-The World Vegetable Center, Shanhua, Taiwan. 158 pp.
- Bi, J.L., G.R. Ballme, D.L. Hendrix, T.J. Henneberry, and N.C. Toscano. 2001. Effect of cotton nitrogen fertilization on *Bemisia argentifolii* population and honeydew production. *J. Entomologia of Experimentalis et Applicata* 99(1): 25-36.
- Boga, K. 2014. Chili Value Chain Assessment in West Java. AVRDC report. AVRDC, Shenhua, Taiwan.
- Cheema, D.S., D.P. Singh, R.D. Rawal, A.A. Deshpande. 1984. Inheritance of resistance to anthracnose disease in chillies. *Capsicum Eggplant Newsl.* 3: 44.
- Chen, Y., E.A. Schmeiz, F. Wackers, and J.R. Ruberson. 2008. Cotton plant, *Gossypium hirsutum* L., defense in response to nitrogen fertilization. *J. Chem.* 34(12): 1553-1564.
- Duriat, A.S., E. Korlina, dan T.S. Uhan. 1992. Pengaruh tanaman sela tomat terhadap insiden hama penyakit serta hasil buah cabai. *Prosiding Pengendalian Hama Terpadu*, 2-4 September 1992. PEI Cabang Bandung. hlm. 105-111.
- Eusebio, E.A.J. 2005. Developments in white fly management in the Philippines. In T.Y. Ku and C.L. Wang (Eds.). *Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy*. Taichung, Taiwan, 3-8 October 2005. pp. 173-182.
- Fahrurrozi and K.A. Stewart. 1994. Effects of mulch optical properties on weed growth and development. *Hort. Sci.* 29(60): 545.
- Hasyim, A., W. Setiawati, dan R. Murtiningsih. 2010. Efikasi dan persistensi minyak serai sebagai biopestisida terhadap *Helicoverpa armigera* Hubn. (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Hort.* 20(4): 377-386.
- Hasyim, A., W. Setiawati, dan R. Murtiningsih. 2013. Perilaku memanggil ngengat betina dan evaluasi respon ngengat jantan terhadap ekstrak kelenjar feromon seks *Helicoverpa armigera* Hubn. (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman cabai merah. *J. Hort.* 23(1): 72-79.
- Hasyim, A., W. Setiawati, and R. Sutarya. 2014. Screening for resistance to Anthracnose caused by *Colletotrichum acutatum* in chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in Kediri, East Java. *AAB Bioflux* 6(2): 104-114.
- Hoddle, M.S., R. Lindsay, and M. David. 2002. Attraction of thrips (Thysanoptera: Thripidae and Aelothripidae) to colored sticky cards in California avocado orchard', *Crop Protection Journal*, 21: 383-388.
- Jantan, I. and Z.Z. Mohd. 2001. Development of environment friendly insect repellents from the leaf oils of selected Malaysian plants. <http://209.85.175.132/search?q=cache:D4XU3NSOCmSJ:www.arbec.com.my/pdf/may-6.pdf+repellent>. [9 January 2009]
- Kirana, R. Rusmana, A. Hasyim, dan R. Sutarya. 2014. Persilangan cabai merah tahan antraknosa (*Colletotrichum acutatum*). *J. Hort.* 24(3): 189-195.
- Khan, M.R and M.R. Khan. 2002. Mass rearing of *Menochilus sexmaculatus* Fabricum (Coccineliidae) on natural and artificial diets. *Int'l. J. Agric. Biol.* 04: 107-109.
- Kristini, E.H., W. Setiawati, dan A. Hasyim. 2010. Patogenisitas jamur entomopatogen *Vertillium lecanii* terhadap stadia larva hama *Spodoptera litura*. Makalah disampaikan dalam Seminar Ilmiah LIPI, tahun 2010. 12 hlm.
- Kruger, K. 2001. Whitefly control: The use of intercropping with different tomato cultivars. *Plant Prot.* 58: 7-8.
- Kumar, ARV., dan B. Shivakumara. 2003. Variable response of male *Helicoverpa armigera* moth to sex pheromone blends: A case of behavioural polymorphism *J. Curr. Sci.*, 84(5): 705-709.
- Lamont, WJ. 1993. Plastic mulches for the production of vegetable crops. *Hor. Technology* 3(1): 35-38.
- Londhe, S.R. 1999. Economic impact of farmer training in integrated pest management for selected vegetables in Indonesia. South Carolina State Univ. IPB-Clemson Univ., USAID, Washington, D.C. 78 pp.
- Manuwoto, S. and Scriber. 1985. Differential effects of nitrogen fertilization of three corn genotypes on biomass and nitrogen utilization by the southern armyworm, *Spodoptera eridania*. *Agric. Ecosyst. Environ.* 14(1-2): 25-40.
- Moekasan, T.K., E. Suryaningsih, I. Sulastri, N. Gunaeni, W. Adiyoga, A. Hendra, M.A. Martono, dan Kasum. 2001. Penelitian penerapan pengendalian hama terpadu (PHT) pada sistem tanam tumpanggilir bawang merah dan cabai, dan dampaknya. Laporan Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang. 40 hlm.
- Mohammad Roff, M.N., S.A.N. Khalid, A.B. Idris, R.Y. Othman, and S. Jamaludin. 2005. Status of whiteflies as plant pest and

- virus vector on vegetables and prospect for control in Malaysia. In T.Y. Ku and C.L. Wang (Eds.). Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy, Taichung, Taiwan, 3-8 October 2005. pp. 229-241.
- Muharam, A. dan W. Setiawati. 2007. Teknik perbanyak massal predator *Menochilus sexmaculatus* pengendali serangga *Bemisia tabaci* vektor virus kuning pada tanaman cabai merah. J. Hort. 17(4): 365-373.
- Nopempeth, B. 2005. Management of white flies of economic important in Thailand. In T.Y. Ku and C.L. Wang (Eds.). Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy, Taichung, Taiwan, 3-8 October 2005. pp. 157-170
- Park, H.K., B.S. Kim and W.S. Lee. 1990. Inheritance of resistance to anthracnose (*Colletotrichum* spp.) in pepper (*Capsicum annum* L.) I. Genetic analysis of anthracnose resistance by diallel crosses. Journal of the Korean Society for Horticultural Science 31: 91-105.
- Poelman, E.H., N.M. van Dam, H. Joop, J.A. Loon, E.M. Loise Vet, and M. Dicke. 2009. Chemical diversity in *Brassica oleracea* affects biodiversity of insect herbivores. Ecology 90: 1863-1877.
- Prasanna, P.M. and N.G. Kumar. 2011. Effect of FYM and chemical fertilizers on the abundance and diversity of insect, soil chemicals, and growth and yield parameter of soybean (*Glycine max* L.). Res. J. Agric. Sci. 2(2): 357-363.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2012. Keragaan Data Iklim, Organisme Pengganggu Tanaman dan Bencana Alam. http://pusdatin.setjen.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/Keragaan_Iklim_OPT_BA_2012.pdf. [3 Februari 2015].
- Radwan, H.M., M.M. El-Missiry, W.M. Al-Said, A.S. Ismail, A. Shaffek, and Seif-El-Nasr. 2007. Investigation of the glucosinolates of *Lipidium sativum* growing in Egypt and their biological activity. Res. J. Medicine Medical Sci. 2(2): 127-132.
- Sastroiswojo, S., Z. Abidin, F. Bahar, and A. Ramlan. 1995. Pengaruh tumpang sari kubis-tomat dan penyiangan terhadap komunitas gulma dan serangga. Bull. Penel. Hort. XXVII 4: 93-102.
- Setiawati, W. dan A.A. Asandhi. 2003. Pengaruh sistem pertanaman monokultur dan tumpang sari sayuran Cruciferae dan Solanaceae terhadap hasil dan fungsi komunitas Artropoda. J. Hort. 13(1): 41-57.
- Setiawati, T.A. Soetiarso, and A.S. Duriat. 2005. Whitefly and its control in Indonesia. pp. 211-225. Proc. of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy, Taichung, Taiwan, 3-8 October 2005.
- Setiawati, W., K. Udiarto, dan T.A. Soetiarso. 2008. Pengaruh varietas dan sistem tanam cabai merah terhadap penekanan populasi hama kutu kebul. J. Hort. 18(1): 55-61.
- Setiawati, W., N. Gunaeni, Subhan, dan A. Muharam. 2011a. Pengaruh pemupukan dan tumpang sari antara tomat dan kubis terhadap populasi *Bemisia tabaci* dan insiden penyakit virus kuning pada tanaman tomat. J. Hort. 21(2): 135-144.
- Setiawati, W., A. Hasyim, and R. Murtiningsih. 2011b. Laboratory and field evaluation of essential oils from *Cymbopogon nardus* as oviposition deterrent and ovicidal activities against *Helicoverpa armigera* Hubner on chili pepper. IJAS 12(1): 9-16.
- Setiawati, W. dan N. Sumarni. 2012. Pemetaan hama dan penyakit sayuran sebagai akibat dampak perubahan iklim di Jawa Barat. Laporan Kerjasama Dinas Pertanian Jawa Barat dengan Universitas Padjadjaran. 54 hlm.
- Setiawati, W., A. Hasyim, and A. Hudayya. 2013a. Survey on pests and diseases and its natural enemies of chili pepper (*Capsicum frutescens* L). Indonesian Vegetables Research Institute, Lembang, West Java. 9 pp.
- Setiawati, W., N. Sumarni, Y. Koesandriani, A. Hasyim, T.S. Uhan, dan R. Sutarya. 2013b. Penerapan teknologi pengendalian hama terpadu pada tanaman cabai merah untuk mitigasi dampak perubahan iklim. J. Hort. 23(2): 174-183.
- Setiawati, W., E. Boes, A. Susanto, B.K. Udiarto, dan N. Sumarni. 2013c. Penerapan teknologi *low input/high output* (LI/HO) dalam usaha tani cabai merah untuk menghasilkan produk yang aman dikonsumsi dan ramah lingkungan. Laporan KKP3N. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang.
- Setiawati, W., E. Boes, A. Susanto, B.K. Udiarto dan N. Sumarni. 2014. Penerapan teknologi *low input/high output* (LI/HO) dalam usaha tani cabai merah untuk menghasilkan produk yang aman dikonsumsi dan ramah lingkungan. Laporan KKP3N. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang.
- SIPP. 2013. Pertanian-Bioindustri berkelanjutan solusi pembangunan Indonesia masa depan. Kementan 2013. <http://perencanaan.setjen.pertanian.go.id/tinymcpuk/gambar/file/1.pdf>.
- Stapleton, J.J. and CG. Summers. 2002. Reflective mulches for management of aphids and aphid borne virus diseases in late-season cantaloupe. Crop Prot. 21: 891-898.
- Suwandi, N. Rosliani, N. Sumarni, dan W. Setiawati. 2003. Interaksi tanaman pada sistem tumpang sari tomat dan cabai di dataran tinggi. J. Hort. 13(4): 244-250.
- Tamhankar, A.J., T.P. Rajendran, and V.R. Mamdapur. 2001. Evaluation of a pheromone trap for the cotton pink bollworm *Pectinophora gossypiella* Saunders. Int'l. J. Pest Mangmt. 47: 79-80.
- Untung, K. 1994. Peranan Hortikultura dalam Perbaikan Lingkungan Hidup. Prosiding Simposium Hortikultura Nasional, Malang. hlm. 22-25.
- Untung, K. 2008. Manajemen resistensi pestisida sebagai penerapan pengelolaan hama terpadu. Centre for Development Studies Indonesia. <http://cdsindonesia.wordpress.com/2008/04/08/manajemen-resistensi-pestisida-sebagai-penerapan-pengelolaan-hama-terpadu>. [Diakses 4 Maret 2008].
- Wang, H.L., C.H. Zhao, and C.Z. Wang. 2005. Comparative study of sex pheromone composition and biosynthesis in *Helicoverpa armigera*, *H. assulta* and their hybrid. Insect Biochem. Mol. Biol. 35(6): 575-583.
- Yorobe, J.M. and RM. Rejesus. 2014. Impact assessment of ecologically-based participatory IPM in the Philippines. Workshop of the USAID IPM CRSP Regional Project for Southeast Asia, Tagaytay, the Philippines, 13-15 August 2014.
- Yuwarto, A. Gassa, dan S. Sjam. 2012. Uji residu insektisida pada buah cabai (*Capsicum annum* Linnaeus) di Kabupaten Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan <http://pasca.unhas.ac.id/jurnal/files/3f5a60df79934bc74c7706c0e1dfa633.pdf>. [Diakses 11 Januari 2015].
- Zhao, X.C., Y.H. Yan, and C.Z. Wang. 2009. Behavioral and electrophysiological responses of *Helicoverpa assulta*, *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), their F1 hybrids and backcross progenies to sex pheromone component blends. J. Comparative Physiology A. 192(10): 1037-1047.