

Pengendalian Hama dengan Pengelolaan Agroekosistem dalam Kerangka Pertanian Berkelanjutan untuk Mendukung Ketahanan Pangan

Oleh :
R.R. Rukmowati Brotodjo

RINGKASAN

Pangan merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia, sehingga ketersediaannya menjadi prioritas bagi suatu bangsa. Usaha peningkatan produksi pangan untuk mengimbangi laju pertumbuhan penduduk terus dilakukan. Intensifikasi pertanian pada pertanian modern dengan menggunakan masukan eksternal tinggi walaupun meningkatkan produksi pertanian secara signifikan ternyata membawa dampak negatif bagi lingkungan. Keberlanjutan sistem pertanian modern tersebut untuk peningkatan produksi pangan diragukan sehingga perlu dikembangkan sistem pertanian yang berwawasan lingkungan.

Sistem pertanian berkelanjutan akan dapat menjamin ketersediaan pangan dalam jangka panjang tanpa tanpa mengorbankan kepentingan generasi mendatang untuk mendapatkan lingkungan yang sehat. Salah satu bentuk pengelolaan agroekosistem yang mengikuti prinsip pertanian berkelanjutan adalah tumpangseri (polikultur). Tumpangseri dapat meningkatkan efisiensi penggunaan tanah dan meningkatkan produktivitas lahan. Selain itu diversitas tanaman meningkat sehingga lingkungan pertanian menjadi lebih stabil.

Serangan hama yang menjadi faktor pembatas produksi pertanian dapat dikendalikan dengan mengelola agroekosistem sehingga tidak cocok bagi kehidupan hama tetapi sesuai sebagai lingkungan hidup musuh alami hama. Salah satu bentuk pengelolaan hama yang sesuai dengan prinsip pertanian berkelanjutan adalah dengan pengendalian hayati melalui konservasi musuh alami. Agar konservasi musuh alami dapat berjalan dengan baik perlu dipahami interaksi tritrofik antara tanaman, hama dan musuh alaminya.

1. PENDAHULUAN

Teori Malthus menyebutkan bahwa pertumbuhan populasi manusia apabila tidak dikendalikan akan mengikuti kurva eksponensial sedang pertumbuhan pangan mengikuti kurva linier, sehingga pada rentang waktu tertentu jumlah populasi manusia dapat melebihi ketersediaan pangan yang diproduksi oleh pertanian. Pangan merupakan kebutuhan esensial manusia, apabila daya dukung pertanian untuk menghasilkan pangan tidak mencukupi akan menyebabkan terjadinya rawan pangan. Untuk mengantisipasi hal tersebut pertumbuhan penduduk dikendalikan

dan pertanian dikembangkan dengan menggunakan berbagai teknologi agar produksinya terus meningkat. Revolusi hijau dengan intensifikasi pertaniannya terbukti telah mampu meningkatkan produksi pertanian secara nyata. Intensifikasi dilakukan dengan menggunakan masukan eksternal yang bernilai ekonomi tinggi seperti bibit unggul, pupuk kimia dan pestisida. Pada akhir abad 20 pertanian dikelola dengan menggunakan model agroindustri. Dengan model tersebut komponen utama ekosistem pertanian, yaitu ternak dan tanaman, dikelola secara terpisah untuk efisiensi produksi, selain itu pupuk kimia dipakai

untuk mencukupi kebutuhan nutrisi sebagai pengganti proses alami pengembalian nutrisi ke lahan dan pestisida digunakan untuk pengendalian hama menggantikan peran musuh alami (Palriquin 1998).

Intensifikasi pertanian dalam pertanian modern walaupun dapat meningkatkan produksi untuk jangka pendek ternyata dalam jangka panjang menyisakan berbagai masalah lingkungan, misalnya kerusakan/penurunan kualitas tanah akibat pemakaian pupuk kimia secara terus menerus, ledakan populasi hama dan munculnya resistensi hama terhadap pestisida tertentu karena pemakaian pestisida secara berlebihan, serta penurunan keragaman genetik tanaman karena penyeragaman jenis tanaman dengan penanaman varietas unggul tertentu secara luas. Mengingat keberlanjutan pertanian modern untuk mendukung ketersediaan pangan jangka panjang masih diragukan, maka perlu dikembangkan sistem pertanian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Pengelolaan agroekosistem tidak hanya mengedepankan tingginya produktivitas, tetapi juga memperimbangan aspek lingkungan dan keberlanjutannya bagi generasi mendatang.

II. PERTANIAN BERKELANJUTAN DAN KETAHANAN PANGAN

Pada prinsipnya pertanian berkelanjutan merupakan sistem pertanian yang tidak merusak, tidak mengubah, serasi dan selaras dan seimbang dengan lingkungan (Salikin 2003). Pertanian berkelanjutan mengintegrasikan tiga tujuan yaitu kesehatan lingkungan, keuntungan ekonomis dan persamaan sosial ekonomis. Konsep pertanian berkelanjutan dicanangkan sebagai bentuk langkah antisipatif terhadap dampak buruk yang diakibatkan oleh revolusi hijau. Para pemimpin dunia di KTT Bumi Rio de Janeiro tahun 1992 telah menyepakati penerapan dan pengembangan konsep pertanian berkelanjutan sebagai realisasi dari pembangunan berkelanjutan pada sektor pertanian dan pangan melalui Chapter 14 Agenda 21 berjudul *Promoting Sustainable Agriculture and Rural Development* (SARD) atau Pertanian Berkelanjutan dan

Pembangunan Pedesaan. Tujuan utama SARD adalah meningkatkan produksi pangan melalui sistem yang berkelanjutan dan meningkatkan ketahanan pangan (*food security*). Hal tersebut dapat dilakukan antara lain melalui pengembangan teknologi yang ramah lingkungan, pengelolaan sumberdaya alam dan perlindungan lingkungan. Sarana utama untuk pengembangan pertanian berkelanjutan dan pembangunan pedesaan adalah reformasi kebijakan dan peraturan agrarian, partisipasi, diversifikasi pendapatan, konservasi lahan dan peningkatan pengelolaan saprodi. Pengelolaan saprodi dilakukan dengan mengurangi masukan yang bernilai ekonomis tinggi termasuk bahan-bahan kimia untuk pertanian (pupuk dan pestisida) diganti dengan bahan-bahan yang dapat diproduksi oleh petani sendiri, misalnya pupuk organik.

Prinsip berkelanjutan pada peningkatan produksi pertanian adalah dapat memenuhi kebutuhan masa sekarang tanpa mengorbankan kebutuhan generasi mendatang akan pangan dan lingkungan yang sehat. Ketahanan pangan tidak dapat dilihat hanya pada terpenuhinya pangan pada jangka waktu yang pendek tetapi harus dilihat keberlanjutannya di masa mendatang. Jadi ketahanan pangan hanya dapat dicapai dengan menerapkan dan mengembangkan pertanian berkelanjutan. Keberlanjutan lingkungan hidup sehat dapat dicapai dengan budidaya pertanian yang ramah lingkungan. Dengan demikian, menjaga ketahanan pangan bukan hanya tanggung jawab petani saja tetapi pemerintah selaku pembuat kebijakan dan masyarakat luas juga turut berperan.

III. PERAN LAYANAN DAN HAMBATAN LINGKUNGAN TERHADAP AGROEKOSISTEM

Agroekosistem adalah pengelolaan ekosistem untuk menghasilkan pangan, pakan, serat dan energi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pengelolaan ekosistem di lingkungan pertanian mempengaruhi keberlangsungan dan produktivitas pertanian. Di dalam ekosistem pertanian terjadi interaksi antar komunitas tumbuhan dan hewan serta lingkungan kimia dan fisik. Ekosistem pertanian

dapat difragmentasi berdasarkan skala luasnya, yaitu yang terkecil adalah petak pertanaman, kemudian diperluas menjadi hamparan lahan pertanian, kumpulan hamparan akan membentuk lansekap yang kemudian membentuk kondisi pertanian regional maupun global. Pengelolaan agroekosistem pada skala kecil akan membentuk dan menentukan kualitas agroekosistem pada skala yang lebih luas.

Lingkungan dapat menyediakan layanan yang mendukung proses produksi pertanian, tetapi juga dapat menjadi faktor penghambat produksi (Zhang dkk 2007). Layanan lingkungan pada ekosistem pertanian dapat berupa layanan penyangga yaitu struktur dan kesuburan tanah, siklus nutrisi tanah, ketersediaan air dan keanekaragaman genetik; serta layanan pengatur yaitu penyerbukan, pengendalian alami hama, penyediaan sumber makanan dan habitat bagi serangga berguna, pemurnian air dan pengatur atmosfer/klimat. Faktor lingkungan yang menghambat produksi pertanian antara lain adalah serangan hama, kompetisi penggunaan air untuk pertanian dan non-pertanian, kompetisi untuk penyerbukan.

Produktivitas tanaman pada suatu petak pertanaman tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi petak tersebut saja tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi ekosistem di sekitarnya, baik itu berupa lahan pertanian atau habitat liar. Habitat liar di sekitar lahan pertanian dapat menyediakan pakan dan tempat mengungsi bagi serangga penyerbuk dan musuh alami hama. Oleh karena itu pengelolaan agroekosistem tidak hanya ditujukan pada lahan pertanian saja tetapi juga mencakup habitat non-pertanian. Salah satu bentuk pengelolaan lahan non-pertanian adalah penanaman tumbuhan berbunga di pematang atau di pinggir lahan untuk menyediakan makanan berupa nektar dan polen bagi musuh alami hama. Pengelolaan agroekosistem dapat dilakukan pada skala petak pertanaman sampai ke skala regional.

Pengelolaan tanah yang baik akan meningkatkan kualitas tanah sehingga tanaman menjadi lebih subur dan lebih tahan terhadap serangan hama. Budidaya tanpa olah

tanah disertai pengembalian sisa tanaman ke tanah dapat meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah (Hooker dkk 2005, Wright dan Hons 2005). Selain itu penanaman tanaman penutup tanah dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah, kandungan karbon organik dan polisakarida tanah (Liu dkk 2005). Tanaman penutup tanah dari golongan Leguminosae akan dapat menambah kandungan nitrogen tanah, karena akarnya dapat bersimbiose dengan bakteri pengikat nitrogen. Tanaman penutup tanah berbunga atau yang mempunyai ektrafloral nektar juga dapat menyediakan makanan untuk serangga berguna.

Pengelolaan agroekosistem ditujukan untuk meningkatkan peran layanan lingkungan sehingga dapat meningkatkan produktivitas dan menekan faktor penghambat, termasuk pengaturan cara bercocok tanam yang dapat mendorong berfungsinya musuh alami untuk pengendalian hama. Salah satu bentuk budidaya tanaman yang dapat meningkatkan peran pengendali alami untuk menekan perkembangan hama adalah tumpangsari atau polikultur. Dengan menanam lebih dari satu jenis tanaman pada satu satuan luas lahan tertentu akan meningkatkan keragaman dan kompleksitas agroekosistem. Keragaman tanaman akan membuat agroekosistem lebih stabil menghadapi tekanan lingkungan dibanding pertanaman monokultur. Pada model tumpangsari dengan pemilihan tanaman yang tepat akan dapat menjaga kesuburan tanah, produktivitas tanaman dan menekan populasi hama.

IV. PENGELOLAAN AGROEKOSISTEM DENGAN TUMPANGSARI (POLIKULTUR)

Sistem tumpangsari (polikultur) merupakan usaha intensifikasi bertanam pada dimensi waktu dan ruang, dengan menanam dua jenis tanaman atau lebih secara simultan pada suatu lahan yang sama. Pola tumpangsari merupakan bentuk atau susunan kombinasi pertanaman menurut waktu dan ruang pada sebidang lahan selama satu tahun. Sistem tumpangsari mencakup sistem tanam campuran (*mixed intercropping*), sistem tanam

berbaris (*row intercropping*), sistem tanam berjalur (*strip intercropping*) dan sistem tanam bersisipan (*relay intercropping*) (Andrews dan Kassam 1976, Gomez 1983, serta Palaniappan 1985).

Telah banyak diketahui bahwa dengan sistem tumpangsari produksi tanaman secara keseluruhan memberikan nilai yang lebih tinggi dari sistem tunggal, apabila pemilihan kombinasi tanaman yang ditumpangsarikan dapat dilakukan dengan tepat (Leichner, 1983). Dalam menentukan atau memilih jenis tanaman untuk ditanam dalam bentuk pertanaman tumpangsari, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain sifat dan ciri pertumbuhan dari setiap komponen tanaman. Hendaknya dipilih tanaman yang berbeda famili, karena tanaman yang sekeluarga umumnya mempunyai hama yang sama. Komponen tanaman hendaknya mempunyai pola kebutuhan unsur hara utama yang berbeda, baik dalam waktu pemanfaatannya, maupun mengenai jenisnya. Tipe (bentuk dan ukuran) perakaran dan habitus tanaman sebaiknya juga harus berbeda dan saling melengkapi secara fisiologis. Sebagai contoh, tanaman dengan sistem perakaran yang dalam, dapat dikombinasikan dengan tanaman yang sistem perakarannya dangkal. Tanaman dengan habitus rendah yang dapat hidup dengan naungan, dapat dipasangkan dengan tanaman yang habitusnya tinggi. Kombinasi tanaman Leguminosae yang dapat mensuplai atau menambah unsur hara N dalam tanah dapat dikombinasikan dengan tanaman lain yang banyak menyerap unsur N (Sitanggang 1978, Palaniappan 1985).

Francis (1986) menyatakan bahwa banyak keuntungan yang diperoleh dari sistem tumpangsari yaitu pendapatan petani bertambah, pemanfaatan lahan menjadi lebih ekonomis, sedangkan unsur hara yang berlebih dapat dimanfaatkan oleh tanaman lain. Dalam tumpangsari, pengolahan tanahnya lebih efisien, sedangkan resiko kegagalan usaha dapat diperkecil. Selain itu keberhasilan tumpangsari dalam menyediakan bahan makanan yang beranekaragam dapat mendukung ketahanan pangan. Dari segi pemanfaatan lahan, tumpangsari dapat

mengurangi peluang untuk terjadinya tanah bera, dan pada sisi lain tumpangsari dapat meningkatkan kesuburan tanah apabila tanaman Leguminosae dimasukkan dalam sistem tumpangsari. Sistem tumpangsari kedelai jagung dapat meningkatkan efisiensi lahan dengan Nilai Kesetaraan Lahan (NKL) 1,34-2,19 (Turmudi 2002). Praktek tumpangsari dapat pula meningkatkan kandungan bahan organik apabila sisa-sisa tanaman dikembalikan sebagai mulsa guna mengurangi evapotranspirasi serta untuk mengatur suhu. Ada beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penanaman dua tanaman atau lebih, yaitu meningkatnya pemanfaatan unsur hara dan kelembaban pada lapisan tanah yang berbeda serta pemanfaatan radiasi matahari yang lebih efektif oleh tanaman, bila dibandingkan dengan yang terjadi pada sistem tanam monokultur (Nugroho 1983).

Pada sistem polikultur, kompetisi antar tanaman dapat terjadi selama atau sebagian masa pertumbuhan tanaman. Persaingan untuk memanfaatkan faktor-faktor pertumbuhan dapat ditekan dengan mengurangi kepadatan tanaman, melakukan pengaturan jarak tanam antar jenis tanaman atau dengan mengatur kedua jenis tanaman dalam proporsi baris tanam yang ideal (Palaniappan 1985). Selain itu untuk mengatasi dampak kompetisi antar tanaman pemupukan dan pengelolaan air yang tepat perlu dilakukan. Pemupukan N dengan dosis 90 kg N/ha dapat meningkatkan produksi kedelai pada tumpangsari dengan jagung (Turmudi 2002).

V. PENGARUH PENGELOLAAN AGROEKOSISTEM TERHADAP POPULASI HAMA DAN MUSUH ALAMINYA

Hama merupakan salah satu faktor pembatas produksi pertanian. Serangan hama dapat menurunkan kuantitas dan kualitas produksi pertanian, bahkan pada tingkat serangan yang berat dapat membunuh tanaman tidak menghasilkan sama sekali (puso). Kerusakan akibat serangan hama dan penyakit di sentra-sentra produksi padi di seluruh Indonesia sejak awal tahun hingga musim kemarau awal Agustus 2008 mencapai 293.831

hektar. Lahan sawah yang puso mencapai 1.447 hektar atau 0,01 persen dari total areal persawahan 12,5 juta hektar atau sekitar 1-2 persen dari angka rata-rata produktivitas nasional 5,1 ton per hektar (Tamburian 2008). Walaupun tingkat kerusakan tersebut tidak sebesar ketika terjadi wabah serangan wereng coklat pada tahun 1980-an, apabila dihitung dengan uang kerugian yang diderita bisa mencapai milyaran rupiah.

Pada konsep pertanian modern yang intensif, pengendalian hama banyak ditumpukan pada penggunaan pestisida. Total nilai penggunaan pestisida di Indonesia mencapai Rp 5 triliun per tahun (Tempointeraktif 2008). Namun demikian, pestisida juga mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan dan organisme non-target. Dengan makin meningkatnya kesadaran tentang arti pentingnya kelestarian lingkungan dan pertanian berkelanjutan, maka perlu dikembangkan pengelolaan agroekosistem yang akan memberikan produktivitas lahan yang tinggi dan menekan serangan hama. Salah satu cara pengendalian hama yang ramah lingkungan adalah dengan pengendalian hayati melalui konservasi musuh alami. Konsep ini memprioritaskan peran musuh alami untuk mengendalikan hama, sehingga teknik pengelolaan agroekosistem yang dilakukan diharapkan dapat mendorong berfungsinya musuh alami. Pengendalian hama dilakukan tidak dengan menambahkan input saprodi baru tetapi melalui perbaikan-perbaikan praktek budidaya yang sudah dilakukan, sehingga terdapat kondisi lingkungan yang menguntungkan bagi musuh alami hama untuk berperan optimal.

Peningkatan kompleksitas agroekosistem pada sistem tumpangsari seringkali dapat mengurangi populasi hama (Altieri dan Letourneau 1984). Ada dua hipotesis yang dikemukakan oleh Root (1973) tentang perbedaan populasi herbivora pada lahan monokultur dan polikultur. Hipotesis pertama memperkirakan bahwa herbivora monofagus dan oligofagus akan lebih mudah menemukan tanaman inangnya dan meningkat populasinya pada lahan monokultur, tempat tanaman inangnya terkonsentrasi, sedang herbivora

polifagus akan cenderung meninggalkan tempat tersebut dan menyebar ke vegetasi sekitarnya. Hipotesis kedua memperkirakan bahwa populasi musuh alami akan lebih tinggi pada lahan polikultur karena ketersediaan mangsa alternatif, sumber nektar dan kondisi mikrohabitat yang sesuai, sebagai konsekuensinya maka populasi herbivora akan lebih rendah dibanding lahan monokultur.

Tujuan dari sistem tumpangsari selain untuk meningkatkan produktivitas lahan juga dapat bermanfaat mengurangi penemuan dan kolonisasi hama pada tanaman, selain itu juga bermanfaat dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas musuh alami. Adanya tanam ganda dapat mengurangi populasi spesies herbivora sampai 56 % (Andow 1990). Menurut Seehan (1986) sistem tumpangsari ini lebih bermanfaat bagi spesies musuh alami yang bersifat generalis daripada yang spesialis karena dengan adanya diversifikasi tanaman menyebabkan jumlah spesies herbivora meningkat dan musuh alami generalis yang menyerang lebih dari satu spesies herbivora akan lebih tersedia inangnya. Penelitian menunjukkan bahwa kemelimpahan, diversitas dan tingkat parasitasi parasitoid generalis lebih tinggi pada pertanaman polikultur dibanding pada pertanaman monokultur (Mennaed dkk 1999).

Sistem tumpangsari akan meningkatkan keragaman tanaman dalam agroekosistem yang pada gilirannya juga akan mempengaruhi keanekaragaman serangga hama dan musuh alami yang hidup di habitat tersebut. Populasi serangga hama dapat ditekan perkembangannya karena pengelompokan tanaman membuat hama sulit berpindah tempat. Dilain pihak pengelompokan tanaman dan peningkatan diversitas tanaman juga akan membuat musuh alami mengalami kesulitan untuk menemukan inangnya. Pengujian pengaruh tumpangsari kedelai dengan terung menunjukkan penurunan persentase polong kedelai terserang hama, karena tanaman terung dapat memancing hama perusak polong kedelai seperti *Nezara viridula*. Hal itu ditandai dengan banyaknya hama perusak polong yang hidup pada tanaman terung (BPTP Sumbar 2005). Penelitian lain menunjukkan bahwa

tingkat parasitasi telur *Spodoptera litura* dan *H. armigera* lebih tinggi pada kobis yang ditanam monokultur dibanding kobis yang ditanam tumpangsari dengan tomat (Brotodjojo 2007).

Pemupukan dan pengelolaan air merupakan komponen pokok dalam peningkatan produksi pertanian. Pengaruh pemupukan dan pengelolaan air terhadap populasi hama dan musuh alaminya lebih bersifat tidak langsung. Pemupukan dan pengairan akan mempengaruhi kualitas dan fisiologis tanaman yang pada gilirannya juga akan mempengaruhi perkembangan serangga herbivora dan musuh alaminya (Letourneau dan Altieri 1999). Kandungan nutrisi tanah akan mempengaruhi ukuran dan arsitektur tanaman yang merupakan arena pencarian inang herbivora bagi musuh alami. Tanaman yang tumbuh lebat karena pemupukan N dapat menurunkan tingkat parasitasi *Pieris* spp. oleh *Cotesia glomerata* (Sato dan Ohsaki 1987). Pengairan selain mempengaruhi pertumbuhan tanaman juga mempengaruhi kelembaban dan suhu di sekitar tanaman yang juga akan berpengaruh terhadap perkembangan hama dan musuh alaminya. Pengairan dan jarak tanam yang rapat pada kapas meningkatkan populasi hama *Geocoris pallens* dan *Orius tristicolor* (Leigh dkk 1974). Parasitoid *Cotesia medica* akan hidup paling lama pada kelembaban 55%, dan menurun lama hidupnya pada kelembaban di atas atau di bawahnya (Allen & Smith 1958).

Perbedaan karakteristik fisik tanaman juga menyebabkan perbedaan efektivitas parasitoid dalam mengendalikan hama. Tingkat parasitasi telur *Pieris rapae* (Linnaeus), *Plutella xylostella* (Linnaeus) dan *Trichoplusia ni* ((Hubner) oleh *T. pretiosum* dan *T. evanescens* Westwood umumnya lebih tinggi pada tanaman yang memiliki struktur sederhana dari pada tanaman dengan struktur lebih kompleks (Gingras dkk, 2003). Struktur permukaan daun juga dapat mempengaruhi tingkat parasitasi. Lapisan lilin dan adanya trikoma pada permukaan daun mempersulit parasitoid berjalan pada daun sehingga akan mengurangi efisiensi parasitoid dalam menemukan inangnya (Eigenbrode 2004;

Olson dan Andow 2006). Oleh karena itu dalam pemilihan varietas tanaman juga harus mempertimbangkan dampaknya terhadap musuh alami hama.

Keberhasilan musuh alami dalam mengendalikan populasi hama dipengaruhi oleh interaksi tritrofik antara tanaman, hama dan musuh alami itu sendiri. Tingkat parasitasi *Trichogramma pretiosum* Riley pada telur *Helicoverpa* spp. sangat bervariasi pada berbagai jenis tanaman (Puterka dkk 1985). Hal tersebut menunjukkan bahwa parasitoid lebih tertarik pada hama atau tanaman tertentu, atau dapat berkembang lebih baik pada inang tertentu (van Dijken dkk 1986, Wackers dkk 1987, Roriz dkk 2005). Pemahaman asosiasi kompleks antara tanaman, hama dan musuh alami diperlukan agar dapat meningkatkan peran musuh alami dalam pengelolaan hama untuk mendukung konsep pertanian yang berkelanjutan.

VI. PENUTUP

Pengelolaan lingkungan pertanian agar sesuai dengan prinsip-prinsip pertanian berkelanjutan sangat penting untuk mendukung terwujudnya ketahanan pangan. Mengingat hama merupakan salah satu faktor penghambat produksi pertanian yang cukup signifikan karena dapat menyebabkan kehilangan hasil antara 25-50%, maka pengelolaannya harus dilakukan secara serius. Pengelolaan hama yang sesuai dengan prinsip pertanian berkelanjutan dilakukan dengan manipulasi agroekosistem sehingga tidak cocok untuk perkembangan hama dan mendorong berfungsinya musuh alami sebagai agensia pengendali alami hama.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, W.W. dan R.F. Smith. 1958. Some factors influencing the efficiency of *Apanteles medicaginis* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) as a parasite of alfalfa caterpillar *Colias philodice eurytheme* Boisduval", *Hilgardia*, 28: 1-42.
- Altieri, M.A. dan D.K. Letourneau. 1984. "Vegetation diversity and insect pest outbreaks". *CRC Critical Review in Plant Science*, 2: 131-169.
- Andow, D. 1990. "Population dynamics of an insect

- herbivore in simple and diverse habitats", *Ecology*, 72: 1006-1017.
- Andrews, D. J. dan A. H. Kassam. 1975. "The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies", dalam Papendick, R. L., P. A. Sanchez dan G. B. Triplett (Eds.), *Multiple Cropping*. ASA Special Publication Number 27: (h: 1-10).
- BPTP Sumber. 2005. "Tanaman Kedelai", Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat.
- Brutodjolo, R.R.R. 2007. "Host searching behaviour of a generalist egg parasitoid - responses to alternative hosts with different physical characteristics", PhD Thesis, The University of Queensland: 180h.
- Eigenbrode, S.D. 2004. "The effect of plant epicuticular waxy blooms on attachment and effectiveness of predatory insects". *Arthropod Structure and Development*, 33:91-102.
- Francis, C. A. 1986. "Multiple Cropping System". Macmillan Publishing Company: New York: 383h.
- Gingras, D., P. Dutilleul, dan G. Boivin 2003. "Effect of plant structure on host finding capacity of lepidopterous pests of crucifers by two *Trichogramma* parasitoids", *Biological Control*, 27:25-31.
- Gomez, K. A. dan A. A Gomez. 1983. "Multiple Cropping in The Humid Tropics of Asia", IDRC, Ottawa: Canada: 248h.
- Hooker, B.A. T. F. Morris, R. Peters, dan Z. G. Cardon. 2005. "Long-term Effects of Tillage and Corn Stalk Return on Soil Carbon Dynamics", *Soil Science Society of America Journal* 69:188-196.
- Lechner, D. 1983. "Management and Evaluation of Intercropping System with Cassava", CIAT: Colombia: 70h.
- Leigh, T.F., D.W. Grimes, W.L. Dickens dan C.E. Jackson. 1974. "Planting pattern, plant population, irrigation and insect interactions in cotton", *Environmental Ecology*, 3: 429-496.
- Letourneau, D.K. dan M.A. Altieri. 1999. "Environmental management to enhance biological control in agroecosystem", dalam T.S. Belows dan T.W. Fisher (Eds.), *Handbook of Biological Control*. Academic Press: Sandiego: (h:319-354).
- Liu, A., B. L. Ma, dan A. A. Bomke. 2005. Effects of Cover Crops on Soil Aggregate Stability, Total Organic Carbon, and Polysaccharides, *Soil Science Society of America Journal*, 69:2041-2048.
- Menalled, F.D., P.C. Marino, S.H. Gage, dan D.A. Landis. 1999. "Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitism diversity?" *Ecological Application*, 9:634-641.
- Nugroho, W. H. 1983. "The Biometrical Analyses of Intercropping Experiment: Some Practical Aspects with The Reference to Indonesian Intercropping", Experiments, Biometry Section, Waite Agricultural Research Institute, The University of Adelaide, Adelaide: 264h.
- Olson, D.M. dan D.A. Andow. 2006. "Walking pattern of *Trichogramma nubilale* Erle & Davis (Hymenoptera: Trichogrammatidae) on various surfaces" *Biological Control*, 39: 329-335.
- Palaniappan, S.P. 1985. "Cropping System in The Tropics: Principles and Management". Wiley Eastern Limited: New Delhi: 215h.
- Patriquin, D.G. 1998. Farms as ecosystems. Conference on "Exploring Organic Alternatives" held at Saskatoon, Saskatchewan, February 8-10, 1998.
- Puterka, G.J., J.E. Slosser dan J.R. Price (1985). "Parasites of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae): parasitism and seasonal occurrence for host crops in the Texas Rolling Plains". *Environmental Entomology*, 14: 441-446.
- Root, R.B. 1973. "Organization of plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleracea*)", *Ecological Monographs*, 43: 95-124.
- Ronz, V. L., Oliveira, dan P. Garcia. 2005. "Host suitability and preference studies of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae)", *Biological Control*, 36: 331-36.
- Sato, Y. dan N. Ohsaki. 1987. "Host-habitat location by *Apanteles glomeratus* and effect of food-plant on host-parasitism", *Ecological Entomology*, 12: 291-297.
- Sheehan, W. 1986. "Response by specialist and generalist natural enemies to agroecosystem diversification: a selective review", *Environmental Entomology*, 15: 456-461.
- Silanggag, L. M. 1978. "Pengaruh Pemupukan N, P, K terhadap intercropping Tanaman Sayuran di Dataran Tinggi", *Buletin Penelitian Hortikultura Lembang*, VI (5): 151 - 168.
- Tamburiani, E. 2008. Hama Serang 293.831 Hektare Sawah. Sinar Harapan, Rabu 13 Agustus 2008, <http://www.sinarharapan.co.id/berita/0808/13/eko01.html>
- Tempointeraktif. 2008. Kerugian Akibat Pestisida Palsu Rp 1 Triliun. Tempointeraktif, Senin, 14 Januari 2008, 19:27 WIB, <http://www.tempointeraktif.com/hg/ekbis/2008/01/14/brk,20080114-115422,id.html>
- Turmudi, E. 2002. "Produktivitas kedelai-jagung pada system tumpang-sari akibat penyulangan dan pemupukan Nitrogen", *Akta Agrosia*, 5: 22-26.
- van Dijken, M.J., M. Kole, J.C. van Lenteren dan A.M. Brand. 1986. "Host preference studies with *Trichogramma evanescens* Westwood (Hym., Trichogrammatidae) for *Mamestra*

-
- brassicad, *Pieris brassicae* and *Pieris rapae*", *Journal of Applied Entomology* 101: 64-85.
- Wäckers, F.L., I.J.M. de Groot, L.P.J.J. Noldus dan S.A. Hassen. 1987. "Measuring host preference of *Trichogramma* egg parasites: an evaluation of direct and indirect methods", *Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent*, 52: 339-348.
- Wright, A.L. and F.M. Hons. 2005. Soil Carbon and Nitrogen Storage in Aggregates from Different Tillage and Crop Regimes, *Soil Science Society of America Journal*, 69: 141-147.
- Zhang, W., T.H. Ricketts, C. Kremen, K. Carney, S.M. Swinton. 2007. "Ecosystem services and dis-services to agriculture", *Ecological Economics*, 64: 253 - 260.

BIODATA PENULIS :

R.R. Rukmowati Brotodjojo menyelesaikan pendidikan S1 jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan pada tahun 1989 di Universitas Gadjah Mada, kemudian meneruskan pendidikan ke jenjang S2 dan S3 di bidang Entomologi Pertanian di The University of Sydney, Australia tahun 1998 dan The University of Queensland, Australia tahun 2007. Bekerja sehari-hari sebagai tenaga pengajar di Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, UPN "Veteran" Yogyakarta.