

Konsep dan Implementasi Teknologi Budi Daya Ramah Lingkungan pada Tanaman Tembakau, Serat, dan Minyak Industri

Nurindah

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat
Jl. Raya Karangploso km 4, PO Box 199 Malang
E-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 14 Januari 2009 disetujui: 23 Maret 2009

ABSTRAK

Penerapan teknologi ramah lingkungan budi daya tanaman pada suatu lahan akan dapat mempertahankan kelestarian lingkungan. Penciptaan teknologi budi daya tanaman tembakau, serat, dan minyak industri diarahkan pada teknologi yang dapat meningkatkan produktivitas dan mutu hasil, efisiensi biaya usaha tani, dan ramah lingkungan. Teknologi ramah lingkungan difokuskan pada penemuan komponen teknologi prapanen yang mempunyai dampak minimal terhadap pencemaran atau perusakan lingkungan, yang meliputi varietas-varietas unggul, teknik pengendalian hama dan penyakit, teknik konservasi lahan tembakau. Varietas-varietas unggul tersebut adalah varietas-varietas yang mempunyai ketahanan terhadap hama dan penyakit, yaitu tembakau Prancak 95, Prancak N1, Prancak N2, Kemloko 2, dan Grompol Jatim 1; kapas: Kanesia 11–Kanesia 13; kenaf: Karangploso 14–Karangploso 15; wijen: Sumberrejo 4; dan jarak kepyar: Asembagus 81. Teknik pengendalian hama dan penyakit yang ramah lingkungan adalah teknologi pengendalian hama yang membatasi atau meniadakan penggunaan insektisida kimia sintetik dan menerapkan teknik pengendalian dengan memanfaatkan peran musuh alami serangga hama atau antagonis patogen penyebab penyakit, dan penggunaan pestisida nabati. Teknik konservasi lahan untuk mengendalikan erosi dan penyakit lincat dikembangkan pada lahan tembakau temanggung dengan menerapkan penggunaan varietas tahan penyakit, pembuatan terasering dan penguatannya, pengolahan lahan minimal, dan aplikasi mikroba antagonis. Teknologi ramah lingkungan tersebut telah diterapkan di tingkat petani dan memberikan dampak yang positif terhadap pengembangan komoditas.

Kata kunci: kapas, tembakau, kenaf, wijen, jarak kepyar, *Gossypium*, *Hibiscus cannabinus*, *Sesamum indicum*, *Ricinus communis*, *Nicotiana tabacum*, ramah lingkungan, teknologi budi daya

Concept and Implementation of Environmentally-Friendly Technologies in Cultivation of Tobacco, Fiber, and Industrial Oil Crops

ABSTRACT

Technology innovations for tobacco, fibers, and industrial-oil crops are directed to increase production and quality of the products, efficiency, and environmentally-friendly technologies. The efficiency and environmentally-friendly technologies are focused on the pre-harvest technology innovations that have minimal impacts on environmental damages. The technologies include superior varieties, pest control, and land conservation. The superior varieties are those that resistant to either insect pests or diseases, i.e. tobacco: Prancak 95, Prancak N1, Prancak N2, Kemloko 2, and Grompol Jatim 1; cotton: Kanesia 11–Kanesia 13; kenaf: Ka-

rangploso 14–Karangploso 15; sesame: Sumberrejo 4; and castor: Asembagus 81. Environmentally-friendly pest control is to limit or no use synthetic-chemical pesticides in pest control, but optimally make use the role of natural enemies and antagonists and use biopesticides. Land conservation technique to control erosion as well as "lincat" disease has been developed in fields of temanggung tobacco by using tobacco variety resistant to the disease, terracing, minimum tillage, and application of antagonist microbes. Those technologies has been implemented in the farmers' fields and has a positive impacts for the commodity development.

Keywords: tobacco, cotton, kenaf, sesame, castor, *Gossypium*, *Hibiscus cannabinus*, *Sesamum indicum*, *Ricinus communis*, *Nicotiana tabacum*, cultivation technologies, environmentally-friendly

PENDAHULUAN

RAMAH lingkungan didefinisikan sebagai suatu benda atau aksi yang dianggap menimbulkan kerusakan minimal terhadap lingkungan. Sampai dengan saat ini tidak ada standar internasional mengenai benda atau aksi yang ramah lingkungan, akan tetapi segala upaya yang tidak berdampak merugikan bagi lingkungan hidup pada umumnya disebut sebagai produk atau teknologi ramah lingkungan. Produk-produk pertanian yang dianggap ramah lingkungan antara lain adalah pupuk organik yang terbuat dari kompos, biopestisida yang berbahan aktif bahan organik (misalnya ekstrak biji mimba) atau mikroorganisme (misalnya, virus, bakteri, atau jamur). Teknologi ramah lingkungan dalam budi daya tanaman antara lain teknologi perbaikan kesuburan tanah dengan menggunakan bahan organik, pengendalian hama dan penyakit dengan menerapkan teknik pengendalian hayati yang menggunakan musuh alami serangga atau antagonis penyebab penyakit tanaman.

Teknologi ramah lingkungan seharusnya diterapkan pada semua aspek kehidupan jika kita ingin menyelamatkan bumi dari kerusakan yang dapat berakibat pada kehancuran planet. Budi daya ramah lingkungan pada tanaman perkebunan, terutama tanaman-tanaman tahunan (*perennial crops*), dapat memberikan

kontribusi yang cukup berarti bagi kelestarian lingkungan. Kelestarian lingkungan akan menciptakan suatu ekosistem yang baik, sehingga ekosistem tersebut akan memberikan hasil dan pelayanan yang penting bagi kehidupan bagi manusia. Pelayanan ekosistem adalah semua kondisi dan proses yang dapat mendukung kehidupan manusia (Daily *et al.*, 1997). Penggunaan suatu lahan untuk budi daya tanaman berakibat pada tersederhanakannya dan terganggunya suatu lanskap yang selanjutnya akan berakibat pada berkurangnya pelayanan ekosistem (Naeem *et al.*, 1994; Tilman *et al.*, 2001). Oleh karena itu, penerapan teknologi ramah lingkungan dalam budi daya tanaman pada suatu lahan akan dapat mempertahankan kelestarian lingkungan dan jika diterapkan dalam sistem pengendalian hama melalui konservasi musuh alami, maka lahan tersebut mempunyai potensi keuntungan yang sangat tinggi (Hause *et al.*, 2008). Dengan demikian, penerapan teknologi ramah lingkungan pada akhirnya dapat menciptakan suatu kondisi pertanian yang berkelanjutan (*sustainable agriculture*).

Memadukan produksi tinggi dan tujuan konservasi untuk pelestarian lingkungan merupakan masalah yang tidak mudah dan sudah menjadi masalah global (Matson dan Vitousek, 2006). Pembukaan lahan untuk pertanian dan intensifikasi pada lahan-lahan yang

telah dimodifikasi merupakan penyebab terjadinya erosi keanekaragaman hayati dan fungsi-fungsi ekologi (McLaughlin dan Mineau, 1995; Ormerod *et al.*, 2003). Sementara itu, pada tahun 2010 telah diprediksi bahwa petani harus meningkatkan produksi untuk memenuhi kebutuhan pangan, bahan bakar, dan serat yang mencapai dua kali lipat dari kebutuhan saat ini (Thompson, 2007). Kondisi ini memerlukan pengelolaan sumber daya alam yang baik, agar terjadi keseimbangan antara pelestarian alam dan produksi pada lahan-lahan pertanian dengan cara mengembangkan teknologi ramah lingkungan.

Peluang penerapan teknologi ramah lingkungan pada tanaman perkebunan sangat besar. Penggunaan produk alami, misalnya pupuk organik dan biopestisida, dan pemanfaatan musuh alami dalam pengendalian hama telah banyak berhasil dalam budi daya tanaman perkebunan. Praktek budi daya tanaman perkebunan secara polikultur (tumpang sari) yang telah diterapkan oleh petani (misalnya, tumpang sari kedelai atau jagung dengan kapas, wijen dengan tanaman palawija, dll.) akan meningkatkan keanekaragaman hayati, sehingga akan dapat memperbaiki kondisi lingkungan dan pelestarian lingkungan untuk menciptakan pertanian berkelanjutan.

Sehubungan dengan isu pelestarian lingkungan, penciptaan teknologi budi daya tanaman tembakau, serat, dan minyak industri yang merupakan komoditas mandat Balittas diarahkan pada penemuan teknologi yang dapat meningkatkan produksi dan mutu, efisiensi biaya usaha tani, dan ramah lingkungan. Peningkatan produktivitas dan mutu hasil dapat dilakukan melalui perakitan varietas-varietas unggul dengan produktivitas tinggi. Efisiensi biaya usaha tani dapat dilakukan melalui penerapan teknik budi daya yang efisien

dengan memanfaatkan sumber daya yang telah tersedia dengan bijaksana. Teknologi ramah lingkungan difokuskan pada penemuan komponen teknologi prapanen dan pascapanen yang mempunyai dampak minimal terhadap pencemaran atau perusakan lingkungan. Oleh karena itu, makalah ini akan membahas konsep teknologi budi daya tanaman tembakau, serat, dan minyak industri yang ramah lingkungan dan implementasinya.

KONSEP TEKNOLOGI BUDI DAYA RAMAH LINGKUNGAN

Ekosistem menyediakan pelayanan dan hasil untuk kebutuhan hidup manusia, termasuk kebutuhan dasar seperti air bersih, pengaturan iklim, dan produk pangan (Daily *et al.*, 1997). Semua sistem pertanian sangat bergantung pada pelayanan ekosistem, misalnya kesuburan tanah, penyerbukan, pengaturan populasi hama, filtrasi air, dan pengendalian erosi. Penciptaan kondisi lahan pertanian yang berkelanjutan hanya mungkin terjadi jika proses-proses penting dalam ekosistem dapat terjaga. Teknologi hasil temuan manusia mungkin dapat menggantikan fungsi dari pelayanan ekosistem, akan tetapi seringkali teknologi tersebut tidak murah dan kurang 'kuat dan sehat' (*robust*) di lahan pertanian dibandingkan jika memanfaatkan sistem alami yang telah ada di lahan tersebut (Costanza *et al.*, 1997; Heal, 2000). Misalnya, stabilitas tanah dan air bersih yang cukup untuk peternakan dan irigasi akan lebih murah dan efektif didapatkan dengan menjaga kelestarian hutan yang ada di sekitarnya, dibandingkan dengan menerapkan teknologi irigasi dengan menggunakan alat-alat mesin (Bruijnzeel, 2004). Oleh karena itu penciptaan teknologi yang berdasarkan pada kekayaan alam yang ada dapat menjamin

pelayanan ekosistem tetap terjaga. Salah satu teknologi yang perlu dikembangkan adalah teknologi ramah lingkungan.

Pengembangan teknologi ramah lingkungan dapat dilakukan melalui pendekatan-pendekatan pengelolaan sumber daya alam yang ada. Salah satu contoh pengembangan teknologi ramah lingkungan yang jelas adalah pengembangan sistem pengendalian hama secara terpadu (PHT). Konsep dari PHT adalah aksi-aksi dalam pengendalian hama yang lebih menekankan pada tindakan pemeliharaan proses-proses ekosistem secara alami dibandingkan dengan penggunaan pestisida kimia dalam menanggulangi masalah hama yang ada pada suatu ekosistem. Untuk memelihara proses-proses ekosistem tersebut supaya dapat berfungsi secara optimal dalam pengendalian hama, diperlukan pemahaman tentang proses-proses alami yang ada, yang meliputi hubungan antara tanaman dan kondisi biotik (misalnya, hama, musuh alami, penyerbuk, tanaman lain di sekitarnya, dll.) dan kondisi abiotik (misalnya kesuburan tanah, curah hujan, suhu, dll.), serta pemanfaatan lahan secara keseluruhan (misalnya, pola tanam dan pengelolaan tanah). Pemahaman ekosistem secara keseluruhan ini selanjutnya digunakan untuk mengembangkan strategi pengendalian yang penekanannya adalah pada usaha-usaha konservasi.

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa dasar dari pengembangan teknologi budi daya ramah lingkungan adalah optimalisasi potensi alami yang ada pada suatu ekosistem untuk dapat dimanfaatkan dalam sistem budi daya yang efisien. Komponen budi daya yang ada meliputi pengelolaan lahan secara keseluruhan, khususnya pengelolaan tanah yang meliputi pemupukan, tata guna lahan dan pengairan; pengendalian hama dan

penyakit; dan pengaturan pola tanam, serta pengelolaan hasil setelah panen (pascapanen). Berdasarkan konsep pengembangan teknologi ramah lingkungan tersebut, Balittas telah merakit, menguji, dan menghasilkan inovasi teknologi ramah lingkungan yang terdiri atas varietas unggul, teknik pengendalian hama dan penyakit, dan teknik konservasi lahan tembakau.

Varietas Unggul

Varietas unggul yang dihasilkan adalah varietas-varietas yang dirakit dari koleksi plasma nutfah Balittas melalui persilangan-persilangan. Seleksi dilakukan berdasarkan karakter yang diinginkan sesuai dengan permasalahan utama dari pengembangan komoditas tersebut, serta mempunyai potensi produksi yang tinggi. Misalnya, seleksi dilakukan terhadap: galur-galur tembakau lokal yang tahan terhadap penyakit layu bakteri; galur-galur kapas yang tahan terhadap serangga hama pengisap; dan galur-galur kenaf yang mempunyai ketahanan terhadap tanah masam. Karakter varietas-varietas unggul komoditas tembakau, serat buah, serat batang dan daun, serta tanaman penghasil minyak industri yang dihasilkan Balittas tersaji pada Tabel 1.

Pengendalian Hama dan Penyakit

Teknik pengendalian hama dan penyakit yang dikembangkan sesuai dengan konsep PHT, yaitu pemanfaatan potensi alami untuk pengendalian hama penyakit. Potensi alami tersebut dimanfaatkan melalui optimalisasi musuh alami sebagai faktor mortalitas biotik yang efektif bagi serangga hama atau antagonis patogen penyebab penyakit tanaman. Optimalisasi potensi faktor mortalitas biotik dilakukan berdasarkan pemahaman ekosistem dari masing-masing komoditas. Pengembangan sistem PHT difokuskan pada komoditas tembakau

Tabel 1. Karakter varietas unggul komoditas tembakau, serat buah, serat batang dan daun, serta tanaman penghasil minyak industri hasil pemuliaan Balittas

Nama varietas	Karakter	Potensi produksi dan mutu	Keterangan
Tembakau lokal: 1. Prancak 95 ¹	Tahan terhadap penyakit lanas.	0,8 ton rajangan kering/ha; indeks mutu 57; kandungan nikotin 2,13%.	Luas penanaman sekitar 30.000 ha.
2. Prancak N-1 ² dan Prancak N-2 ³	Tahan terhadap penyakit lanas.	0,8–0,9 ton rajangan kering/ha; indeks mutu 62,45–68,52; kandungan nikotin 1,76–2,00%.	Luas penanaman sekitar 2.500 ha di Madura.
3. Kemloko 2 ⁴	Tahan terhadap penyakit layu dan nematoda puru akar.	0,7 ± 1,3 ton rajangan kering/ha; indeks mutu 40,28 ± 5,42; kandungan nikotin 5,52 ± 3,46%.	Digunakan sebagai salah satu komponen teknologi konservasi lahan tembakau temanggung.
4. Grompol Jatim 1 ⁵	Tahan terhadap penyakit virus TMV dan CMV.	2,9–3,2 ton kerosok/ha; indeks mutu 78–84; kandungan nikotin 2,5–4,0%.	Luas penanaman sekitar 1.000 ha; produk ekspor.
Kapas 5. Kanesia 8 ⁶	Ketahanan moderat terhadap wereng kapas (<i>Amrasca biguttulla</i>) dan <i>Sclerotium rolfsii</i> .	2,5 ton kapas berbiji/ha; kandungan serat 33–39%; panjang serat 29,2–31,2 mm; kehalusan serat 3,8–4,3 mic.; kekuatan serat 24,1–25,1 g/tex; keseragaman serat 84%.	Digunakan dalam program akselerasi pengembangan kapas tahun 2008.
6. Kanesia 11–Kanesia 13 ⁷⁻⁹	Ketahanan moderat terhadap wereng kapas (<i>Amrasca biguttulla</i>).	2,7–3,2 ton kapas berbiji/ha; kandungan serat 35–39%; panjang serat 26,9–29,3 mm; kehalusan serat 4,5–5,0 mic.; kekuatan serat 27,8–8,3 g/tex; keseragaman serat 84–85%.	Varietas alternatif untuk program akselerasi pengembangan kapas tahun 2009.
Kenaf 7. Karangploso 14 ¹⁰ dan Karangploso 15 ¹¹	Ketahanan moderat terhadap <i>Amrasca biguttulla</i> dan aluminium pada pH rendah; tahan terhadap kekeringan.	2,50–4,50 ton serat/ha; panjang serat 255–375 cm; kekuatan serat 22,19–29,36 g/tex, rendemen serat 5–7%.	Bahan serat alam untuk geotekstil, kertas, tekstil, dll.; dikembangkan di lahan masam (PMK dan gambut).
Wijen 8. Sumberrejo 1 ¹² dan Sumberrejo 3 ¹³	Ketahanan moderat terhadap <i>Sclerotium</i> dan tungau daun.	0,8–1,6 ton biji/ha.	Dikembangkan di lahan kering dan lahan sawah sesudah padi (MK II).
9. Sumberrejo 4 ¹⁸	Ketahanan moderat terhadap <i>Sclerotium</i> .	0,9–1,5 ton biji/ha.	Dikembangkan di lahan sawah sesudah padi (MK II).
Jarak kepyar 10. Asembagus 81 ¹⁹	Agak tahan terhadap ulat daun.	2.500 kg biji/ha; kandungan minyak 51–54%.	Dikembangkan di lahan kering iklim kering seluas 1.600–2.000 ha.

Sumber:

¹Keputusan Menteri Pertanian 731/Kpts/TP.240/7/97; ²Keputusan Menteri Pertanian Nomor 320/Kpts/SR.120/5/2004; ³Keputusan Menteri Pertanian Nomor 321/Kpts/SR.120/5/2004; ⁴Keputusan Menteri Pertanian 131/Kpts/SR.120/2/2007; ⁵Keputusan Menteri Pertanian 424/Kpts/SR.120/8/2003; ⁶Keputusan Menteri Pertanian 111/Kpts/SR.120/2/2007; ⁷Keputusan Menteri Pertanian 112/Kpts/SR.120/2/2007; ⁸Keputusan Menteri Pertanian 110/Kpts/SR.120/2/2007; ⁹Keputusan Menteri Pertanian 133/Kpts/SR.120/2/2007; ¹⁰Keputusan Menteri Pertanian 134/Kpts/SR.120/2/2007; ¹¹Keputusan Menteri Pertanian 105/Kpts/SR.120/2/2007; ¹²Keputusan Menteri Pertanian 723/Kpts/TP.240/7/97; ¹³Keputusan Menteri Pertanian 113/Kpts/SR.120/2/2007; ¹⁴Keputusan Menteri Pertanian 114/Kpts/SR.120/2/2007; ¹⁵Keputusan Menteri Pertanian 724/Kpts./TP.240/7/1997

dan kapas, karena masalah hama dan penyakit pada kedua komoditas ini cukup nyata dibandingkan komoditas mandat Balittas yang lain.

Sistem PHT pada tembakau, khususnya pengendalian serangga hama, yang telah dikembangkan adalah untuk tembakau cerutu, karena dari tipe tembakau ini yang dikehendaki adalah produksi daun yang tidak berlobang, selain mutu kerosok yang sesuai dengan permintaan konsumen. Tembakau cerutu merupakan tembakau ekspor dan dalam proses produksinya telah ditentukan untuk menerapkan sistem *good agricultural practices* (GAP), yaitu dalam pengelolaan serangga hama harus diterapkan cara-cara memproduksi tanaman yang berkualitas dengan menggunakan metode-metode pengelolaan serangga hama yang dapat melindungi, mempertahankan, dan memperkaya kondisi lingkungan (tanah, air, hewan, dan tumbuhan) (Coresta, 2005). Dengan demikian, PHT yang berbasis lingkungan merupakan sistem yang tepat untuk

diterapkan dalam proses produksi tembakau cerutu. Teknologi pengendalian hama ramah lingkungan yang merupakan komponen PHT tembakau cerutu yang telah dihasilkan Balittas tersaji pada Tabel 2.

Saat ini sedang dilakukan penelitian pengendalian serangga hama tembakau dengan menggunakan tanaman perangkap. Tanaman perangkap berfungsi sebagai tanaman inang alternatif yang lebih disukai oleh serangga hama untuk meletakkan telur dibandingkan dengan tanaman tembakau. Jarak (*Ricinus communis*) dapat digunakan sebagai tanaman perangkap bagi *Spodoptera litura* (Shivayogeshwara *et al.*, 1991); sedangkan kenikir (*Tages erecta*) yang ditanam di sekeliling pertanaman tembakau dapat digunakan sebagai perangkap bagi *Helicoverpa armigera* (Shivayogeshwara *et al.*, 2001). Dengan tersedianya tanaman inang yang lebih disukai serangga hama untuk meletakkan telur, maka peletakan telur pada tanaman tembakau dapat berkurang.

Tabel 2. Komponen pengendalian hama tembakau cerutu ramah lingkungan yang telah dihasilkan oleh Balittas

Teknik pengendalian	Serangga hama sasaran	Cara pengendalian
Mekanis	<ul style="list-style-type: none"> Telur ulat daun tembakau yang diletakkan secara berkelompok (<i>Spodoptera litura</i>) 	Pengumpulan telur dilakukan dengan menggunakan <i>cellotape</i> yang lebarnya 2 cm, bagian yang ber perekat ditempelkan pada telur, kemudian ditarik dengan perlahan hingga semua telur terangkat.
	<ul style="list-style-type: none"> Ulat daun berukuran lebih dari 1,5 cm 	Ulat yang ditemukan dimasukkan ke dalam ember kecil yang telah diisi larutan detergen 5% (berat/volume air).
Penyemprotan dengan pestisida nabati ekstrak biji mimba (EBM) dikombinasikan dengan pestisida biologi berbahan aktif virus patogen serangga (NPV)	<ul style="list-style-type: none"> Ulat daun berukuran kurang dari 1,5 cm (<i>S. litura</i> dan <i>Helicoverpa spp.</i>) 	Konsentrasi EBM adalah 3 ml/l air; dosis NPV adalah 6×10^{11} PIB/ha; disemprotkan pada 10–50 hari setelah tanam (HST) dengan interval 5 hari secara bergantian (9–10 kali penyemprotan).

Sumber: Nurindah (2006).

Penyakit penting tanaman tembakau cerutu adalah penyakit patik, lanas, busuk batang berlubang, dan virus (Dalmadijo dan Yulianti, 2006). Penggunaan fungisida kimiawi masih merupakan pilihan utama dalam pengendalian penyakit tembakau cerutu. Walaupun demikian, usaha pengendalian penyakit yang ramah lingkungan melalui pencegahan terjadinya infeksi penyakit telah disarankan oleh Dalmadijo dan Yulianti (2006) seperti tersaji pada Tabel 3.

Saat ini sedang dilakukan penelitian penggunaan biofumigan dan penggunaan bahan organik untuk pengendalian penyakit layu yang disebabkan oleh bakteri. Biofumigan dapat diperoleh dari metabolit sekunder tanaman, di antaranya adalah glukosinolat (GSL) yang diproduksi oleh tanaman-tanaman dari famili Brassicaceae (Kirkegaard dan Matthiessen, 2004). Melalui enzim hidrolisis selama proses pelapukan, GSL ditransformasi, di antaranya menjadi isothiocyanate (ITC), yang merupakan senyawa toksik dan dapat digunakan sebagai biofumigan (Matthiessen dan Shackle-

ton, 2005). Aplikasi biofumigasi adalah dengan menambahkan sisa-sisa tanaman Brassicaceae pada permukaan tanah sebagai mulsa, dan ketika terjadi proses hidrolisis dihasilkan ITC yang dapat membunuh patogen tular tanah. Penambahan bahan organik telah diketahui dapat memperbaiki aerasi dan struktur tanah, daya pegang air tanah, ketersediaan hara, dan ekologi mikroba tanah (Davey, 1996). Bahan-bahan organik dapat digunakan untuk menekan perkembangan patogen tular tanah (Bettiol *et al.*, 1997; Serra-Wittling *et al.*, 1996; Tenuta dan Lazarovits, 2002; Huang *et al.*, 2006).

Sistem PHT untuk kapas yang dikembangkan Balittas adalah penekanan pada sistem pengendalian non-kimiawi dan optimalisasi peran musuh alami dalam pengendalian hama. Standar penerapan PHT yang direkomendasikan adalah:

1. Penggunaan varietas tahan atau yang mempunyai ketahanan moderat terhadap *A. biguttulla*. Jika yang digunakan varietas

Tabel 3. Pengendalian patogen penyebab penyakit yang ramah lingkungan pada tembakau cerutu besuki

Nama penyakit	Patogen penyebab penyakit	Cara pengendalian/pencegahan
Patik	<i>Cercospora nicotianae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Sanitasi. • Penggunaan bibit sehat. • Menjaga kondisi pertanaman agar tidak terlalu lembap.
Lanas	<i>Phytophthora nicotianae var nicotianae</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Penggunaan varietas tahan. • Meninggikan guludan untuk mengurangi kelembapan tanah. • Menambah pH tanah dengan menambahkan kapur. • Rotasi tanaman dengan tanaman non-Solanaceae minimal lima tahun.
Busuk batang berlubang	<i>Erwinia carotovora</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mencegah pelukaan akar sewaktu membumbun. • Melakukan wiwil pada waktu kelembapan rendah. • Pembumbunan dilakukan setelah bekas luka wiwil kering. • Sanitasi.

Sumber: Dalmadijo dan Yulianti (2006).

- kapas yang mempunyai ketahanan moderat terhadap *A. biguttulla*, seperti varietas seri Kanesia, harus dilakukan perlakuan benih dengan insektisida sistemik sebelum ditanam.
2. Menerapkan sistem tanam tumpang sari kapas dengan palawija (jagung, kacang hijau, kedelai atau kacang tanah).
 3. Memanfaatkan sisa-sisa tanaman yang ditanam sebelumnya sebagai mulsa dan sumber bahan organik di antara barisan kapas.
 4. Melakukan pemantauan populasi serangga hama dan musuh alaminya setiap 5–7 hari; dan tindakan pengendalian hama berdasarkan ambang kendali (Nurindah dan Sunarto, 2006; 2008).
 5. Jika diperlukan tindakan pengendalian dengan menggunakan insektisida, maka pi-

- lihat insektisida yang digunakan adalah insektisida nabati EBM.
6. Sanitasi lahan sebelum dan sesudah musim tanam serta sanitasi gudang untuk mencegah infestasi hama pada musim tanam berikutnya.

Teknik pengendalian hama dan penyakit secara hayati dengan menggunakan agens hayati sebagai salah satu komponen PHT juga telah dikembangkan di Balittas. Selain itu, produk pestisida nabati ekstrak biji mimba (EBM) yang juga merupakan komponen dari PHT telah dihasilkan. Beberapa agens hayati yang dapat digunakan dalam program pengendalian hayati, baik pada tanaman komoditas Balittas maupun komoditas lain yang dikembangkan di Balittas tersaji pada Tabel 4.

Tabel 4. Agens hayati yang dikembangkan dan dihasilkan di Balittas

No	Jenis agens hayati	Nama	Hama/penyakit sasaran	Cara aplikasi
1.	Parasitoid telur	<i>Trichogramma</i> spp. dan <i>Trichogrammatoidea</i> spp.	Serangga hama dari Ordo Lepidoptera.	Augmentasi parasitoid: <ul style="list-style-type: none"> • Inokulasi • Pelepasan massal
2.	Virus patogen serangga diformulasi dalam bentuk bioinsektisida padat.	SINPV dan HaNPV	<i>Spodoptera litura</i> <i>Helicoverpa armigera</i>	Formulasi bioinsektisida dilarutkan dalam air dan disemprotkan dengan menggunakan <i>sprayer</i> .
3.	Antagonis patogen penyebab penyakit diformulasi dalam bentuk biopestisida padat dan cair.	MABA (mengandung mikrobia <i>Aspergillus fumigatus</i> dan <i>Bacillus</i> sp. dan bahan organik lain)	<i>Ralstonia solanacearum</i> (salah satu patogen penyebab penyakit 'lincat')	Formulasi diaplikasikan di lubang tanam pada waktu tanam bibit.
4.	Pestisida nabati EBM	<i>OrgaNeem</i> (ekstrak biji mimba dengan pelarut organik)	± 60 spesies larva ordo Lepidoptera; bakteri patogen, dan jamur patogen penyakit.	Formulasi pestisida dicampur dengan air konsentrasi 2–5 ml/l air; disemprotkan dengan menggunakan <i>sprayer</i> .

Teknik Konservasi Lahan Tembakau Temanggung

Teknik konservasi lahan untuk mengendalikan erosi dan penyakit lincat dikembangkan pada lahan tembakau temanggung yang ditanam pada lahan dengan kemiringan 15–50%. Permasalahan utama pada budi daya tembakau temanggung adalah degradasi lahan dan erosi, serta serangan penyakit lincat yang disebabkan oleh kompleks patogen (terdiri atas nematoda puru akar *Meloidogyne* spp., jamur *Phytophthora nicotianae*, dan bakteri *Ralstonia solanacearum*.) (Djajadi *et al.*, 2004). Komponen teknologi konservasi lahan yang dikembangkan terdiri atas:

1. Penanaman rumput *Setaria* pada bibir teras/tampungan atau guludan.
2. Penanaman *Flemingia* pada bidang vertikal tampungan teras.
3. Pembuatan rorak.
4. Penggunaan varietas tahan penyakit layu (Kemloko 2).
5. Aplikasi mikrobial antagonis *Aspergillus fumigatus* dan *Bacillus* sp.
6. Pengolahan tanah minimal.

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI BUDI DAYA RAMAH LINGKUNGAN

Varietas Unggul Tembakau

Varietas Prancak-95 merupakan varietas tembakau madura yang disukai konsumen. Tembakau rajangan Prancak-95 mempunyai aroma yang harum dan gurih, sesuai untuk bahan baku rokok keretek. Saat ini penggunaan Prancak-95 diperkirakan mencapai 50–60% dari total areal tembakau madura, tersebar di Kabupaten Sumenep, Pamekasan, dan sebagian Sampang. Produktivitas Prancak-95 di tingkat petani berkisar antara 0,45–0,8 ton/ha

(60–90% dari potensi produksi). Pengembangan tembakau madura Prancak-95 didukung dengan adanya kemitraan antara petani dan PT Sadhana Arifnusa (pemasok tembakau PT HM Sampoerna) dan pemasok PT PR Gudang Garam serta peran aktif dari instansi terkait. Dalam kemitraan ini, pengelola menyediakan benih sebar dan Dinas Perkebunan dan Kehutanan Kabupaten Pamekasan membina petani penangkar yang merangkap sebagai pedagang bibit.

Varietas Prancak N-1 dan Prancak N-2 yang mempunyai kadar nikotin rendah dihasilkan sebagai respon dari isu bahayanya rokok terhadap kesehatan. Sosialisasi varietas ini dilakukan pada tahun 2004 dan akselerasi alih teknologi pada tahun 2005 seluas 50 ha pada 10 kelompok tani. Pada tahun 2006 luas penanaman mencapai 2.500 ha, termasuk petani yang dibina oleh pemasok PT PR Gudang Garam seluas 350 ha. Penerimaan petani tembakau madura bila ditanam di sawah, mencapai Rp9.800.000,00/ha; bila ditanam di tegal penerimaan petani lebih tinggi, yaitu Rp10.750.000,00/ha; dan bila ditanam di tegal-gunung penerimaan petani paling tinggi, yaitu Rp12.700.000,00/ha. Bila sarana produksi dan tenaga kerja keluarga dihitung sebagai pengeluaran, maka pendapatan usaha tani dengan mengusahakan varietas Prancak N-1 dan Prancak N-2 di sawah, tegal, dan tegal-gunung berturut-turut sebesar Rp3.200.000,00; Rp4.700.000,00; dan Rp4.380.000,00/ha.

Saat ini penggunaan Grompol Jatim 1 mencapai areal seluas 1.000 ha, tersebar di Kabupaten Boyolali, Klaten, dan Sukoharjo. Varietas tersebut tidak hanya digunakan oleh petani tetapi juga dikembangkan dan digunakan oleh eksportir tembakau, yaitu PT Pandu Sata Utama dan PT Indonesia Dwi Sembilan

sampai sekarang. Produktivitas Grompol Jatim 1 di tingkat petani berkisar antara 1,6–2,7 ton kerosok/ha (60–85% dari potensi produksi) atau senilai Rp26.185.000,00/ha.

Varietas Unggul Kapas

Penggunaan varietas-varietas unggul kapas dalam pengembangan produktivitasnya pada tingkat petani mencapai 1,5 ton/ha (50–70% dari potensi produksi). Varietas seri Kanesia yang digunakan dalam program akselerasi pengembangan kapas adalah Kanesia 8. Kanesia 10–Kanesia 13 merupakan varietas yang mempunyai potensi produksi lebih tinggi dan mutu serat lebih baik dari Kanesia 8, sehingga pada musim tanam yang akan datang varietas-varietas ini perlu digunakan dalam program pengembangan kapas. Selain itu, varietas seri Kanesia merupakan varietas-varietas alternatif yang cukup kompetitif untuk dimanfaatkan dalam pengembangan kapas dibandingkan dengan varietas introduksi seperti varietas hibrida dari Cina (HSC 138, HSC 188, dan HSD 51).

Dukungan teknologi varietas unggul kapas kepada pengembangan komoditas cukup nyata dengan adanya produksi benih sumber. Benih sumber Kanesia 8 produksi tahun 2005 mencapai 3.225 kg dan terdistribusi pada tahun yang sama sebanyak 2.222 kg (69%). Distribusi benih sumber kapas varietas Kanesia ini terus meningkat, hingga pada tahun 2007 terdistribusi 95% dari produksi. Hal ini menunjukkan bahwa varietas unggul kapas hasil perakitan Balittas telah dapat diterima oleh pengguna.

Varietas Unggul Kenaf

Pengembangan tanaman kenaf diprioritaskan pada lahan bonorowo (lahan banjir) yang tidak sesuai untuk tanaman lain pada waktu banjir. Dengan menyempitnya areal bo-

norowo (akibat dari perbaikan jaringan irigasi), tanaman kenaf mulai dikembangkan pada daerah lahan masam di daerah Kalimantan Timur dan lahan kering di Jawa, yaitu lahan podsolik merah kuning (PMK) dan lahan sawah irigasi terbatas. Lahan PMK umumnya berupa lahan kering yang memiliki sifat antara lain: pH rendah, kahat unsur hara, dan kandungan Al dan Fe tinggi. Varietas kenaf Karangploso 14 dan Karangploso 15 (KR 14 dan KR 15) sesuai untuk pengembangan kenaf di lahan masam, dengan produksi di tingkat petani mencapai 2–3 ton serat/ha/tahun. Budi daya kenaf di lahan PMK ini meningkatkan pendapatan petani sebesar Rp2.000.000,00 per musim.

Varietas Unggul Wijen

Pengembangan wijen di Indonesia setiap tahun meningkat. Pada tahun 2006 areal wijen mencapai 4.788 hektar, yang tersebar di Lampung (150 ha), Jawa Tengah (1.426 ha), Yogyakarta (250 ha), Jawa Timur (1.473 ha), Nusa Tenggara Barat (1.217 ha), dan Sulawesi Selatan (272 ha). Varietas unggul Sbr.1 digunakan di hampir seluruh (90%) daerah pengembangan tersebut. Varietas unggul Sbr.3 dan Sbr.4 mulai digunakan pada tahun 2007, terutama di Jawa Timur dan Sulawesi Selatan. Produktivitas wijen di seluruh daerah tersebut mencapai rata-rata 600 kg/ha (60–75% potensi produksi) atau senilai Rp6.000.000,00–Rp7.000.000,00 per hektar. Apabila ditanam secara tumpang sari dengan jarak kepyar, maka pendapatan petani adalah Rp10.225.000,00–Rp11.034.000,00 per hektar. Petani wijen di Jawa Timur dapat menghasilkan wijen dengan produktivitas rata-rata 721 kg/ha, sehingga pendapatan petani wijen monokultur mencapai Rp8.220.000,00–Rp9.864.000,00 per hektar. Pada tingkat petani produktivitas varietas unggul wijen lebih ren-

dah, karena kurang intensifnya dalam pemeliharaan dan populasi tanaman yang terlalu tinggi karena tidak dilakukan penjarangan.

Varietas Unggul Jarak Kepyar

Varietas Asembagus 81 (Asb. 81) merupakan varietas unggul jarak kepyar yang paling banyak dikembangkan. Varietas ini disukai oleh petani jarak kepyar karena batangnya yang berwarna hijau, kekar dengan tandan buah atau tros I yang tampak panjang, serta agak tahan terhadap ulat daun jarak kepyar (*Achaea janata*). Asb. 81 pada saat ini banyak ditanam di daerah pengembangan di Indonesia, terutama yang dikelola oleh PT Kimia Farma, yang meliputi Jawa Tengah, Jawa Timur, NTB, NTT, Sulawesi Tengah, dan daerah pengembangan baru, seperti Banten, Jawa Barat, Bali, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Setiap tahun sekitar 3,2–4,0 ton benih Asb. 81 dari Balittas selalu ditanam di berbagai daerah pengembangan di Indonesia, atau minimal sekitar 1.600–2.000 ha areal jarak kepyar ditanam petani. Dengan luas areal pengembangan jarak kepyar tersebut paling sedikit 1.200–1.500 ton biji dihasilkan petani di Indonesia, atau 1.340 kg biji/ha (55% dari potensi produksi). Produksi tersebut setara dengan penerimaan petani sebesar Rp1.875.000,00/ha. Jarak kepyar biasanya ditanam secara tumpang sari dengan palawija, sehingga dengan sistem tanam tumpang sari ini pendapatan petani lebih tinggi.

Pengendalian Hama dan Penyakit

Teknologi pengendalian hama dan penyakit ramah lingkungan yang telah diterapkan adalah pengendalian serangga hama kapas sebagai bagian dari sistem PHT. Penerapan komponen-komponen PHT yang dapat mendukung konservasi musuh alami di tingkat

petani telah dilakukan tanpa banyak kendala, karena komponen-komponen tersebut pada umumnya sudah merupakan bagian dari praktek budi daya petani. Varietas unggul kapas seri Kanesia (Kanesia 8–11) telah dikenal dan digunakan oleh petani. Penerapan tata tanam tumpang sari kapas dengan palawija merupakan praktek budi daya yang telah biasa diterapkan petani. Aplikasi mulsa dapat dilakukan petani dengan memanfaatkan sisa-sisa tanaman sebelumnya, seperti jerami pada lahan sawah tadah hujan atau sisa batang jagung pada lahan tegal. Insektisida nabati dapat diperoleh dengan mudah, karena bahannya, seperti biji mimba, mudah didapatkan dan teknik sederhana pembuatan EBM sudah tersedia (Sunarto dan Subiyakto, 2002). Pemantauan populasi serangga hama dan musuh alaminya untuk menentukan tindakan pengendalian telah diterapkan petani, karena pemahaman tentang peran musuh alami telah didapatkan petani dari program SL-PHT kapas.

Penerapan PHT kapas dengan menekankan tindakan pengendalian yang ramah lingkungan pada budi daya kapas tumpang sari dengan kedelai dapat menghindarkan petani untuk menggunakan insektisida kimia sintetik atau tanpa peyemprotan sama sekali dalam satu musim (Sunarto *et al.*, 2004). Praktek budi daya ini dapat menghemat biaya *input* sebesar Rp548.000,00/ha per musim dan menghindarkan lingkungan tercemar dari senyawa toksik.

Teknik Konservasi Lahan Tembakau Temanggung

Teknologi pengendalian erosi dan penyakit lincat dengan menerapkan paket teknologi yang terdiri atas rumput *Setaria*, tanaman *Flemingia*, rorak, varietas tahan penyakit lincat (Kemloko 2 dan Kemloko 3), serta

mikrobia antagonis *Aspergillus fumigatus* dan *Bacillus* sp. dapat menurunkan tingkat erosi sebesar 66%, menekan kematian tanaman sebesar 44%, menurunkan keparahan penyakit sampai dengan 42%, serta meningkatkan hasil dan mutu tembakau masing masing sebesar 31% dan 8% (Mastur *et al.*, 2003; Djajadi *et al.*, 2004). Paket teknologi ini telah diuji di lahan petani seluas 30 ha, dan mendapat respon yang positif dari petani kooperator.

PEMBAHASAN

Varietas-varietas unggul yang dihasilkan Balittas merupakan suatu inovasi teknologi yang strategis, karena relatif lebih mudah diterapkan oleh pengguna. Walaupun varietas-varietas tersebut pada umumnya dapat diterima oleh petani, tetapi dalam implementasinya, produksi yang dicapai di tingkat petani masih belum maksimal (55–85% dari potensi produksi). Kondisi ini hendaknya ditingkatkan dengan memperbaiki cara budi daya sesuai dengan standar agronomis yang direkomendasikan dan kondisi agroekosistem yang ada.

Pengendalian hama kapas yang ramah lingkungan dapat dilakukan melalui teknik PHT dan sudah banyak diterapkan oleh petani. Adanya efisiensi biaya pengendalian serta berkurangnya pencemaran lingkungan akibat penyemprotan insektisida kimia memberikan keuntungan ekonomis dan ekologis yang nyata. Oleh karena itu, teknik ini perlu dikembangkan dengan menerapkannya pada komoditas-komoditas lain melalui sekolah lapang.

Konservasi lahan merupakan salah satu tindakan untuk mengembangkan sistem pertanian berkelanjutan. Konservasi lahan tembakau di Temanggung dengan menerapkan teknologi yang diintroduksikan terbukti secara nyata memberikan keuntungan ekonomis dan

ekologis. Walaupun demikian, luas lahan tembakau yang perlu dikonservasi masih harus ditingkatkan. Untuk memperluas areal konservasi lahan perlu dilakukan pendekatan terhadap pemerintah kabupaten dan dinas terkait dengan mempromosikan keuntungan-keuntungan dari penerapan teknik konservasi lahan ini.

KESIMPULAN

Balittas telah menghasilkan teknologi ramah lingkungan yang cukup banyak, tetapi penerapan dari teknologi tersebut di tingkat pengguna masih belum maksimal. Misalnya, produktivitas varietas unggul di tingkat petani pada umumnya belum mencapai 80% dari potensi produksi varietas tersebut. Kesenjangan ini disebabkan oleh beberapa faktor, di antaranya adalah penerapan budi daya belum sesuai standar yang direkomendasikan. Untuk dapat menerapkan standar yang direkomendasikan dalam budi daya tanaman tembakau, serat buah dan minyak industri, maka penyuluh dan widyaiswara mempunyai peran yang sangat penting dalam transfer teknologi yang dihasilkan oleh Balittas kepada pengguna (petani).

DAFTAR PUSTAKA

- Bettiol, W., Q. Migheli, A. Garibaldi. 1997. Control with organic matter of cucumber damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 32:57–61.
- Bruijnzeel, L.A. 2004. Hydrological functions of tropical forests: Not seeing the soil for the trees. *Agriculture Ecosystems and Environment* 104: 185–228.

- Coresta. 2005. Good agricultural practices (GAP) Guidelines. Guide No. 3, February 2005. <http://www.coresta.org>
- Costanza, R., R. d'Arge, R. deGroot, S. Farber, M. Grasso, H. Bruce, K. Limburg, S. Naeem, R.V. O'Neill, J. Paruelo, R.G. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 357:253–260.
- Daily, G.C., S. Alexander, P. Ehrlich, L. Goulder, J. Lubchenco, P. Matson, H.A. Mooney, S.L. Postel, S.H. Schneider, D. Tilman, and G.M. Woodwell. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by ecosystems. *Issues in Ecology*. Ecological Society of America.
- Dalmadijo, G. dan T. Yulianti. 2006. Pengendalian penyakit tembakau cerutu secara terpadu. Hal. 45–54. *Dalam* A.S. Murdiyati *et al.* (ed.) *Prosiding Diskusi Teknologi Ramah Lingkungan untuk Tembakau Ekspor Besuki*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.
- Davey, C.B. 1996. Nursery soil management organic amendments. *In*: Landis, T.D. and D.B. Douth (Tech. Coordinators), National Proceedings, Forest, and Conservation Nursery Associations. General Technical Report PNW-GTR-389, USDA Forest Service PNWRS. pp. 618.
- Djajadi, Mastur, G. Dalmadijo, dan Murdiyati. 2004. Efektivitas teknik konservasi lahan dalam menekan erosi dan penyakit lincat. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 10:135–140.
- Hause, A.P.N., N.D. MacLeod, B. Cullen, A.M. Whitbread, S.D. Brown, and J.G. McIvor. 2008. Integrating production and natural resource management on mixed farms in Eastern Australia: The cost of conservation in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems, and Environment* 127:153–165.
- Heal, G. 2000. Valuing ecosystem services. *Ecosystems* 3:24–30.
- Huang, J., H. Li, and H. Yuan. 2006. Effect of organic amendments on *Verticillium wilt* on cotton. *Crop Protection* 25:1167–1173.
- Kirkegaard, J.A. and J.N. Matthiessen. 2004. Developing and refining the biofumigation concept. *Agroindustria* 3:233–239.
- Mastur, A.S. Murdiyati, Mukani, Suwarso, S. Tirtosastro, J. Hartono, A. Rahman, G. Dalmadijo, Djajadi, H. Istiana, Machfudz, M. Fauzi, dan A. Kuntjoro. 2003. Penelitian sistem usaha tani konservasi berbasis tembakau pada lahan miring di Temanggung. Laporan Akhir Hasil Penelitian TA 2003. Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat. Malang.
- Matson, P.A. and P.M. Vitousek. 2006. Agricultural intensification: will land spared from farming be land spared for nature? *Conserv. Biol.* 20:709–710.
- Matthiessen, J.N. and M.A. Shackleton. 2005. Biofumigation: environmental impacts on the biological activity of diverse pure and plant-derived isothiocyanates. *Pest Management Science* 61:1043–1051.
- McLaughlin, A. and P. Mineau. 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 55:201–212.
- Naeem, S., L.J. Thompson, S.P. Lawler, J.H. Lawton, and R.M. Woodfin. 1994. Declining biodiversity can alter the performance of ecosystems. *Nature* 368:734–737.
- Nurindah. 2006. Pengelolaan serangga hama tembakau cerutu secara terpadu Hal. 39–44. *Dalam* A.S. Murdiyati *et al.* (ed.) *Prosiding Diskusi Teknologi Ramah Lingkungan untuk Tembakau Ekspor Besuki*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor.
- Nurindah dan D.A. Sunarto. 2006. Efektivitas beberapa predator terhadap *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada kapas tumpang sari dengan kedelai. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 12(3):116–120.
- Nurindah dan D.A. Sunarto. 2008. Ambang kendali penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* dengan mempertimbangkan keberadaan pre-

- dator kapas. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 14(2):72–77.
- Ormerod, S.J., E.J.P. Marshall, G. Kerby, and S.P. Rushton. 2003. Meeting the ecological challenges of agricultural change. *Journal of Applied Ecology* 40:939–946.
- Serra-Wittling, C., S. Houot, and C. Alabouvette. 1996. Increased soil suppressiveness to *Fusarium* wilt of ax after addition of municipal solid waste compost. *Soil Biol. Biochem.* 28: 1207–1214.
- Shivayogeshwara, B., B.L.V. Gowda, S. Shankar, and N.M. Patil. 1991. Evaluation of marigold as trap crop for management of *Helicoverpa armigera* (Hubner) in tobacco. *Tobacco Research* 27(2):181–183.
- Shivayogeshwara, B., H. Mallikharjunaiah, N.K. Krishnaprasad, and M.V.N. Shetty. 2001. Integrated management of *Spodoptera litura* Fabricius (Noctuidae: Lepidoptera) in FCV tobacco crop. *Tobacco Research* 17(2):59–61.
- Sunarto, D.A. dan Subiyakto. 2002. Insektisida nabati serbuk biji mimba (SBM) untuk pengendalian hama *Helicoverpa armigera* (Hubner) pada tanaman kapas. Monograf Kapas, Buku 2:178–186.
- Sunarto, D.A., Nurindah, dan Sujak. 2004. Pengaruh ekstrak biji mimba terhadap konservasi musuh alami dan populasi *Helicoverpa armigera* Hubner pada tanaman kapas. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 10(3):89–95.
- Tenuta, M. and G. Lazarovits. 2002. Ammonia and nitrous acid from nitrogenous amendments kill the microsclerotia of *Verticillium dahliae*. *Phytopathology* 92:255–264.
- Thompson, R.L. 2007. Challenges facing the food and agricultural sector, sustainability in the food & agricultural sector: The role of the private sector and government. Proceedings from the 40th International Food and Agricultural Trade Policy Council Seminar, October 15–16, 2007. http://www.agritrade.org/events/documents/2007_Sustainability_Seminar_002.pdf.
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D'Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Schindler, W.H. Schlesinger, D. Simberloff, and D. Swackhamer. 2001. Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science* 292:281–284.