
BUDIDAYA KAKAO BERWAWASAN KONSERVASI

COCOA CULTIVATION BASED ON CONSERVATION APPROACH

Iing Sobari, Maman Herman, dan Saefudin

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

iingsobari@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) termasuk salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting di Indonesia. Perkembangan luas arealnya tergolong pesat dengan penambahan hampir 10% per tahun. Perkembangannya yang pesat tersebut menyebabkan banyak penanaman yang dilakukan tidak sesuai dengan syarat tumbuh tanaman serta tidak mengikuti budidaya anjuran. Hal tersebut mengakibatkan pertumbuhan dan produksi kakao menjadi rendah dan lahan mengalami degradasi. Degradasi tanah terjadi karena erosi, menurunnya bahan organik, dan berkurangnya unsur hara melalui panen dan pencucian. Erosi yang tinggi pada daerah lereng, pencucian unsur hara maupun kerusakan pada tanaman kakao akibat tidak memperhatikan pola tanam menjadi permasalahan mendasar yang harus diselesaikan secara terintegrasi. Upaya untuk mengurangi kerusakan lahan tersebut adalah dengan menerapkan budidaya kakao berwawasan konservasi. Penerapan pengelolaan tanaman penanang, teknik pembuatan teras pada budidaya kakao, polatanam yang sesuai, pemanfaatan bahan organik, dan penggunaan pupuk hayati dapat menjadi solusi dalam mencegah degradasi lahan dan menjaga kelestarian lingkungan. Budidaya konservasi pada prinsipnya adalah budidaya yang mengutamakan keberhasilan usahatani secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Theobroma cacao*, budidaya, konservasi

ABSTRACT

Cocoa tree (Theobroma cacao L.) is one of estate crop commodities that have an important role in Indonesia. The development of cocoa plantation is relatively fast with the addition of nearly 10% per year. However, this fast development is causing many of cocoa plantation is not in accordance with the requirement of plant growth and its recommended cultivation. Therefore, the plant growth and the production are not in optimal condition. In addition, it will also lead to soil degradation. Soil degradation occurs due to erosion, decline in organic material and nutrient reduction through harvest and leaching. High erosion in slopes area, leaching of nutrients and crop damage due to not following the recommended cultivation become a fundamental problem that must be solved in an integrated way. An attempt to reduce soil degradation is by applying cocoa cultivation based on conservation approach. The use of shade plants, terracing technique on cocoa cultivation, appropriate cropping patterns, and utilization of organic material can be a solution in preventing soil degradation as well as keeping sustainable environment. Cultivation based on conservation approach in principle is to promote sustainable farming system.

Keywords: *Theobroma cacao*, cultivation, conservation

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting bagi perekonomian Indonesia. Pada tahun 2012, luas arealnya 1.774.463 ha, sekitar 1.693.337 ha (95%) berupa perkebunan rakyat. Dengan demikian jelas terlihat peran penting kakao di samping sebagai sumber pendapatan, juga sebagai sumber lapangan kerja bagi masyarakat. Animo masyarakat untuk mengembangkan perkebunan kakao sangat besar, di samping masih cukup luasnya sumberdaya lahan yang ada. Areal perkebunan kakao berkembang rata-rata hampir 10% per tahun, suatu tingkat pertumbuhan yang sangat besar. Berdasarkan data yang ada, tahun 2003 luas areal kakao seluas 964.223 ha dan pada tahun 2012 luasnya telah mencapai 1.774.463 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2013).

Perkembangan luas areal kakao yang demikian pesat tentu sangat menggembirakan, tetapi hal ini tidak diikuti dengan peningkatan produktivitas yang nyata. Rata-rata produktivitas perkebunan

rakyat sebesar 845 kg/ha, perkebunan besar negara sebesar 907 kg/ha, dan perkebunan besar swasta sebesar 914 kg/ha. Produktivitas tersebut masih di bawah potensi produksi kakao yang dapat mencapai 2 ton biji kering/ha/tahun (Rubiyo & Siswanto, 2012; Ditjenbun, 2013).

Dampak pesatnya perkembangan luas areal perkebunan kakao, menyebabkan banyak lahan-lahan kosong yang tergolong kurang sesuai serta pada lahan kritis dengan tingkat kemiringan di atas 25% dikelola oleh petani untuk perkebunan kakao tanpa mengindahkan kaidah konservasi tanah dan air sehingga dapat mengakibatkan kerusakan lahan (degradasi lahan). Salah satu jenis kerusakan lahan yang sekaligus merupakan bencana alam adalah erosi. Penyebab terjadinya erosi, yaitu pelepasan (*detachment*) partikel tanah, pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Erosi menyebabkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*) dan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Erosi yang disebabkan oleh air hujan merupakan penyebab utama degradasi lahan di daerah tropis termasuk Indonesia.

Tanah-tanah di daerah berlereng mempunyai risiko tererosi yang lebih besar daripada tanah di daerah datar. Selain tidak stabil akibat pengaruh kemiringan, air hujan yang jatuh akan terus menerus memukul permukaan tanah sehingga memperbesar risiko erosi. Budidaya perkebunan yang melampaui daya dukung tanah menyebabkan erosi dan kerusakan tanah atau biasa disebut dengan degradasi tanah. Degradasi tanah makin meningkat manakala terjadi perluasan areal perkebunan untuk pengembangan komoditas ekonomis dengan membuka lahan-lahan baru yang tidak sesuai dengan kemampuan dan kelas kesesuaian lahan (Subagyo, Marwanto, & Kurnia, 2003).

Budidaya tanaman kakao dengan memperhatikan syarat tumbuh tanaman dan introduksi inovasi teknologi budidaya yang tepat dapat mencegah kerusakan lahan akibat bahaya erosi, dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah serta dapat menurunkan kehilangan unsur hara akibat pencucian. Kondisi yang demikian pada akhirnya akan dapat meningkatkan produktivitas tanaman kakao serta dapat menjaga kelestarian lingkungan sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani kakao secara berkelanjutan.

SYARAT TUMBUH TANAMAN KAKAO

Tanah

Faktor tanah yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman kakao meliputi tinggi tempat, topografi, drainase, jenis tanah, sifat fisik dan kimia tanah. Tanaman kakao dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah tetapi sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanahnya untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Kemasaman tanah (pH), kadar bahan organik, unsur hara, kapasitas absorpsi dan kejenuhan basa merupakan sifat kimia yang perlu diperhatikan. Sifat fisik tanah meliputi kedalaman efektif, tinggi permukaan air tanah, drainase, struktur dan konsistensi tanah. Ketinggian tempat dan kemiringan lahan datar sampai dengan < 8% sangat baik, sedangkan pada kemiringan yang lebih besar penanaman kakao harus sejajar garis kontur. pH yang ideal untuk tanaman kakao 6-7.5 dan kandungan bahan organik tanah > 3% sangat sesuai untuk tanaman kakao. Tanaman kakao menghendaki solum tanah > 90 cm sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Tanaman kakao tidak menghendaki adanya air yang menggenang (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI] 2010).

Iklim

Curah hujan yang sesuai untuk tanaman kakao adalah 1100-3000 mm, dengan distribusi merata sepanjang tahun. Pola penyebaran hujan yang

merata akan sangat berpengaruh terhadap penyebaran panen pada tanaman kakao, sedangkan temperatur 30-32 °C. Iklim yang ideal untuk tanaman kakao adalah B menurut Schemidt dan Fergusson dengan bulan kering 3-4 bulan. Fotosintesis maksimum diperoleh pada cahaya sebesar 20% dari total pencahayaan penuh yang diterima tanaman (PPKKI, 2010). Secara kuantitatif kriteria teknis kesesuaian lahan kakao tercantum pada Tabel 1.

PROSES DEGRADASI TANAH

Fungsi tanah dalam mendukung kebutuhan hidup manusia sering mendapatkan perlakuan berlebihan melampaui batas kemampuannya sehingga kualitasnya menurun. Degradasi tanah merupakan masalah penting karena intensitasnya cenderung terus meningkat, sehingga tercipta tanah-tanah rusak (terdegradasi) yang luasnya akan terus bertambah. Dibutuhkan waktu yang lama untuk mengembalikan kondisi tanah terdegradasi kembali kepada kemampuannya semula karena dampak buruk tanah yang terdegradasi baru disadari setelah proses degradasi mencapai tahapan cukup lanjut. Oldeman (1993) *cited in* Pujiyanto (2004) mendefinisikan degradasi tanah sebagai suatu proses penurunan kemampuan tanah dalam mendukung kehidupan saat ini dan akan datang yang disebabkan ulah manusia.

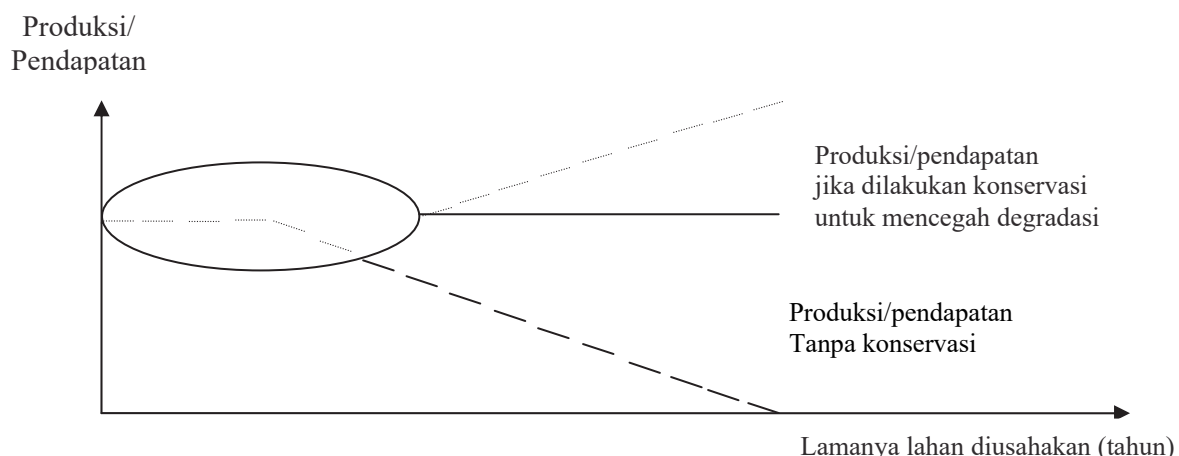
Penurunan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman merupakan dampak dari penurunan kemampuan tanah dalam mensuplai unsur hara dan air maupun sebagai media tumbuh yang menyediakan ruang bagi akar untuk berjangkar. Di lahan perkebunan kakao, proses degradasi tanah ditengarai terjadi terus menerus meskipun lajunya diyakini tidak secepat pada pertanian tanaman pangan lahan kering (Pujiyanto, 2004). Proses degradasi yang berlangsung terus menghasilkan lahan kritis yang tidak layak diusahakan lagi karena hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan masukan yang diberikan.

De Graaf (1996) *cited in* Pujiyanto (2004) menggambarkan hubungan antara produksi tanaman dan pendapatan pekebun dengan konservasi untuk mencegah degradasi tanah (Gambar 1). Jika tidak ada konservasi untuk mencegah degradasi maka pada awalnya produktivitas tanah dan pendapatan lebih tinggi namun terus mengalami penurunan seiring dengan makin lamanya tanah diusahakan sampai pada suatu saat tanah telah benar-benar rusak dan tidak memberikan pendapatan. Jika dilakukan tindakan konservasi untuk mencegah degradasi maka produktivitas dan pendapatan petani pada awalnya rendah tetapi akan terus meningkat sehingga tanah akan dapat dipakai secara lestari.

Tabel 1. Kriteria teknis kesesuaian lahan untuk kakao
Table 1. The criteria of cocoa land suitability

No.	Karakter	Kelas kesesuaian			
		S1	S2	S3	N
1.	Iklim :				
	- Curah hujan tahunan (mm)	1.500-2.000	1.250 -1.500 2.500-3.000	1.100 -1.250 3.000-4.000	< 1.100 > 4.000
	- Lama bulan kering (<60 mm/b1)	0-1	1-3	3-5 1-2	> 5 < 1
2.	Elevasi (m dpl) :				
	- Kakao mulia	0 – 600	600-700	700-800	> 800
	- Kakao lindak	0 – 300	300-450	450-600	> 600
3.	Kemiringan lahan (%)	0-8	8-15	15-45	> 45
4.	Sifat fisik tanah				
	- Kedalaman efektif (cm)	> 150	100-150	60-100	< 60
	- Tekstur	Lempung berpasir, Lempung berliat, Lempung berdebu, Lempung liat berdebu	Pasir berlempung, Liat berpasir, Liat berdebu	Liat	Pasir, liat berat
	- Batu di permukaan (%)	0	0-3	3-15	> 15
5.	Genangan			1-7 hari	> 7 hari
	- Klas drainase	Baik	Agak baik	Agak buruk Buruk Agak berlebihan	Berlebihan Sangat Buruk
6.	Sifat kimia tanah (0-30 cm)				
	- Ph	6,0-7,0	5,0-6,0 7,0-7,5	4,0-5,0 7,5-8,0	> 8,0 < 4,0
	- C-Organik (%)	2-5	1-2 5-10	0,5-1 10-15	< 0,5 > 15
	- KPK (me/100 g)	> 15	10-15	5-10	< 5
	- KB (%)	> 35	20-35	< 20	-
	- N (%)	> 0.21	0.1-0.2	< 0.1	-
	- P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	> 16	10-15	< 10	-
	- Kdd (me %)	> 0.3	0.1-0.3	< 0.1	-
7.	Toksitas				
	- Salinitas (mm hos/cm)	< 1	1-3	3-4	> 4
	- Kejenuhan AI (%)	< 5	5-20	20-60	> 60

Sumber: Ditjenbun (2011)
Source : Ditjenbun (2011)



Gambar 1. Hubungan antara produksi/pendapatan dengan dan tanpa perlakuan konservasi
 (Sumber: De Graaf, 1996 *cited in* Pujiyanto, 2004)
Figure 1. The relation between production/income with and without conservation attempt
 (Source: De Graaf, 1996 *cited in* Pujiyanto, 2004)

Secara umum, manipulasi kimia, fisik, dan biologi perlu dilakukan secara simultan untuk memperbaiki tanah terdegradasi karena degradasi biasanya terjadi terhadap ketiga sifat tersebut. Erosi ditengarai merupakan penyebab utama degradasi tanah di perkebunan kakao di Indonesia, utamanya pada areal yang kemiringannya cukup besar. Selain erosi, penurunan kadar bahan organik tanah dan kehilangan hara dari daerah perakaran diduga turut berperan dalam degradasi tanah di perkebunan kakao (Pujiyanto, 2004). Hasil penelitian Pujiyanto, Wibawa, & Winaryo (1996) menunjukkan bahwa erosi di kebun kopi pada lahan dengan kemiringan 31% mencapai 26 ton/ha pada TBM I dan 18 ton/ha pada TBM II.

Pengaruh merusak air hujan terjadi pada periode persiapan lahan dan periode tanaman belum menghasilkan, setelah tanaman dewasa penutupan tajuk cukup baik sehingga pengaruh merusak air hujan menjadi berkurang. Namun demikian erosi masih terjadi pada lahan dengan kemiringan > 15%. Menurut Suripin (2002) *cited in* Syofyan (2010), sebagian besar belahan bumi mengalami degradasi akibat erosi dan salinasi (penggaraman) pada tingkat yang mengkhawatirkan. Berdasarkan data tahun 1984, dilaporkan bahwa dengan laju kehilangan tanah dibiarkan seperti saat ini (20-40 ton/ha/tahun), lapisan tanah atas yang ada saat ini akan habis dalam jangka waktu 150 tahun. Hal ini menempatkan erosi tanah merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling serius di seluruh belahan bumi saat ini. Terjadinya perubahan pola penggunaan lahan dari hutan menjadi lahan kakao dapat meningkatkan bahaya erosi, hal ini disebabkan karena terjadi perubahan vegetasi penutup tanah (*cover crop*) dari tanaman hutan yang memiliki faktor C yang lebih besar menjadi tanaman kakao yang memiliki faktor C yang lebih sedikit.

Degradasi tanah juga terjadi karena menurunnya kadar bahan organik dan berkurangnya unsur hara melalui panen dan pencucian. Hasil penelitian Pujiyanto (1996) menunjukkan bahwa hampir seluruh tanah perkebunan kakao di Jawa Timur memiliki kandungan bahan organik rendah (kadar C-organik <2%). Rendahnya kadar bahan organik tanah tersebut disebabkan oksidasi biologi (dekomposisi) bahan organik di daerah tropis yang relatif sangat cepat. Laju dekomposisi bahan organik tanah di daerah tropis jauh lebih cepat dibandingkan di daerah beriklim sedang karena suhu dan kelembaban lebih sesuai untuk perkembangan organisme dekomposer (Verstrate, 1989 *cited in* Pujiyanto, 2004). Penurunan kadar bahan organik tanah di kebun kakao yang diberi tambahan bahan organik selama 6 bulan menunjukkan bahwa kadar bahan organik mengalami penurunan dari 2,74% (1,59% C-organik) menurun sebesar 11% menjadi 2,44% (1,42 C-organik) (Pujiyanto *et al.*, 2003a). Dampak menurunnya kadar bahan organik terhadap memburuknya sifat-sifat tanah adalah sangat signifikan, antara lain menurunnya kapasitas tanah dalam memegang air dan hara, memburuknya aerasi, pemadatan tanah sehingga penetrasi akar menjadi

lebih sulit, serta menurunnya jumlah maupun aktivitas organisme di dalam tanah.

Kehilangan unsur hara dari daerah perakaran berlangsung melalui panen, pencucian (*leaching*), dan denitrifikasi. Pengurusan unsur-unsur hara melalui ketiga proses tersebut menyebabkan masukan yang diperlakukan untuk mempertahankan produktivitas lahan menjadi semakin besar. Dengan demikian diperlukan teknologi berkelanjutan yang berdampak positif, baik terhadap peningkatan pendapatan petani maupun peningkatan kualitas lahan. Teknologi tersebut harus berpegang pada prinsip-prinsip budidaya yang baik dan ramah lingkungan.

INOVASI TEKNOLOGI UNTUK MENGURANGI DEGRADASI LAHAN

Untuk mengeliminir degradasi lahan pada pertanaman kakao, diperlukan inovasi teknologi budidaya sehingga produksi dan pendapatan usahatani kakao dapat diperoleh secara berkelanjutan meliputi: pengelolaan tanaman penanang, teknik mengatasi erosi pada lahan miring, penerapan polatanam, penambahan bahan organik, penggunaan tanaman penutup tanah, dan penggunaan pupuk hayati.

Pengelolaan Tanaman Penanang

Pada habitat asalnya, tanaman kakao tumbuh di bawah naungan hutan hujan tropis di dataran sungai amazon di Amerika (Alvin, 1977 *cited in* Rahardjo, 2007). Merujuk pada habitat asalnya maka dalam budidaya kakao agar berhasil dengan baik kondisi iklim mikro demikian harus diadopsi dalam pengelolaan lahan dan pertanaman kakao di perkebunan kakao. Tanaman kakao menghendaki panas matahari dengan intensitas 30-50% cahaya langsung (PPKKI, 1998 *cited in* Erwiyono, 2007). Berpegang pada kondisi habitat yang optimum dibutuhkan oleh tanaman kakao maka pengelolaan penanang merupakan kegiatan yang penting untuk dilaksanakan dalam budidaya kakao (Gambar 2). Penyinaran matahari penuh secara berlebihan dapat menjadi kendala pertumbuhannya karena iklim mikro (suhu dan kelembaban) kurang kondusif bagi pertumbuhan yang optimal. Oleh karena itu, kurang atau tidak adanya penanang dalam budidaya kakao dapat menjadi masalah serius terkait tidak optimalnya kondisi iklim mikro yang dibutuhkan tanaman kakao.

Mengatasi Erosi pada Lahan Miring

Kemiringan lahan menjadi pembatas jika budidaya dilakukan pada wilayah dengan topografi bergelombang hingga bergunung. Padahal budidaya tanaman kakao yang efisien mensyaratkan bahwa kemiringan lahan tidak boleh melebihi 45% (PPKKI, 1998; PPKKI, 2004) karena pada lahan dengan kemiringan lahan >45% di samping pengelolaan lahan dan pertanaman tidak efisien dan produktivitas tanaman sangat rendah, juga potensi kerusakan lahan oleh erosi sangat besar (Erwiyono, Wibawa, Pujiyanto, & Baon, 2006).



Gambar 2. Tanaman kelapa sebagai salah satu jenis tanaman penayang kakao
Figure 2. Coconut tree as one type of shading plants in cocoa plantation

Menurut Kartasapoetra & Sutedjo (1994) *cited in* Syofyan (2010), pengelolaan yang salah pada tanah akan mengakibatkan partikel-partikel atau bagian-bagian tanah baik karena pengaruh air hujan ataupun angin, secara langsung akan cepat berpindah sampai pada penghilangan elemen-elemen tanah tersebut. Erosi adalah proses terkikisnya butir-butir tanah, kemudian dengan adanya aliran air, butir-butir tanah terangkut setelah aliran air tidak mampu lagi mengangkut butir-butir tanah maka tanah tersebut akan diendapkan dan pengendapan ini akan terjadi pada daerah yang lebih rendah (Wudianto, 1988 *cited in* Barus, 2010).

Salah satu teknik yang digunakan dalam mengatasi erosi akibat kemiringan lahan adalah pembuatan teras. Teras merupakan salah satu kegiatan konservasi tanah dan air yang dibuat untuk mengendalikan atau mencegah erosi, efektivitasnya tergantung dari macam teras yang dibuat, kepekaan tanah terhadap erosi, dan faktor pengelolaan lahan dan pertanian yang lain. Dalam budidaya tanaman dikenal tiga macam bentuk teras, yakni teras bangku, teras gulud, dan teras individu. Macam atau bentuk teras yang dipilih disesuaikan dengan kemiringan lahan, kedalaman efektif tanah, kepekaan tanah terhadap erosi, dan mudah tidaknya tanah longsor. Teras bangku hanya dapat dibuat pada lahan-lahan yang memiliki kedalaman efektif tanah relatif dalam, tanah tidak mudah longsor, dan lapisan tanah bawah tidak mengandung unsur-unsur yang dapat meracuni tanaman kakao atau kopi. Teras gulud hanya dapat dibuat pada lahan-lahan yang tidak terlalu miring, dan satu-satunya teras yang dapat dibuat pada lahan dengan kedalaman efektif relatif tidak dalam. Teras individu dapat dibuat pada lahan-lahan relatif miring, dan satu-satunya teras yang dapat dibuat pada lahan dengan kemiringan lahan $> 45\%$.

Penerapan Polatanam

Polatanam sebagai solusi konservasi merupakan sistem pengaturan waktu tanam dan jenis tanaman sesuai dengan iklim, kesesuaian tanah dengan jenis tanaman, luas lahan, ketersediaan tenaga, modal, dan pemasaran. Polatanam berfungsi meningkatkan intensitas penutupan tanah dan mengurangi terjadinya erosi yang disebabkan oleh budidaya tanaman yang diusahakan oleh petani. Dengan demikian perlu dilakukan pemilihan polatanam yang tepat dapat meningkatkan keuntungan bagi petani dan meningkatkan penutupan tanah sehingga erosi dapat dikurangi.

Menurut Subagyono, Marwanto, & Kurnia (2003) salah satu bagian dari sistem polatanam pada tanaman pangan adalah pertanaman majemuk. Pertanaman majemuk merupakan sistem dimana satu bidang olah ditanami lebih dari satu jenis tanaman pangan. Misalnya dalam satu bidang olah, ditanami sekaligus tanaman jagung, padi gogo, mukuna (benguk), dan kedelai. Sistem ini bertujuan mempertinggi intensitas penggunaan lahan, dan dapat mengurangi risiko gagal panen untuk salah satu tanaman, meningkatkan nilai tambah bagi petani dan juga termasuk tindakan pengendalian hama dan pengendalian erosi.

Menurut Nurmi, Haridjaja, Arsyad, & Yahya (2009) pengelolaan tanaman kakao yang berbasis konservasi dilakukan dengan penanaman tanaman padi gogo dan kedelai secara berurutan di antara tanaman kakao yang disertai dengan strip tanaman sebagai penghambat aliran permukaan (strip tanaman *Arachis pinto*). Selain untuk peningkatan produktivitas dan pendapatan petani sebelum tanaman kakao berproduksi, sistem yang memasukkan tanaman semusim sebagai tanaman sela dan *A. pinto* sebagai tanaman strip juga dapat mempengaruhi produktivitas tanaman kakao dalam jangka panjang. Hal ini disebabkan oleh perbaikan sifat fisik tanah dengan

penutupan tajuk dan sumbangan bahan organik tinggi yang bersumber dari pemangkasan tanaman kakao dan *A. pinto* serta sisa panen tanaman semusim.

Efek positif penanaman tanaman semusim pada pola tanaman kakao muda (sebelum kanopi kakao saling menutup) dapat meningkatkan kehilangan tanah akibat erosi terutama pada saat persiapan lahan. Hasil penelitian Abdurachman, Barus, Kurnia, & Sudirman (1985) menunjukkan bahwa laju erosi mencapai 14-15 mm/th pada tanah Alfisol berlereng 9-10% yang ditanami tanaman pangan semusim, sedangkan pada tanah Ultisol berlereng 14%, laju erosi mencapai 4,6 mm/th walaupun sisa tanaman berupa jerami padi dan jagung dikembalikan sebagai mulsa. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya yang dapat mensinkronkan antara kepentingan ekonomi dan kepentingan ekologi. Dengan upaya ini diharapkan penanaman tanaman semusim sebagai sumber pendapatan petani sebelum kakao berproduksi tetap dilakukan dan erosi yang terjadi juga dapat ditekan sampai sama dengan atau di bawah nilai erosi yang diperbolehkan (*tolerable soil loss*/TSL) sehingga lapisan atas tanah yang memiliki sifat fisik yang lebih baik daripada lapisan di bawahnya tetap dapat terpelihara.

Menurut Prawoto dan Sholeh (2006) tanaman nilam sebagai tanaman sela kakao tidak memberikan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan kakao, sebaliknya justru meningkatkan pertumbuhan kakao. Peningkatan dosis pemupukan pada nilam juga berpengaruh positif pada peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman kakao tanaman nilam merupakan tumbuhan semak herba semusim dengan tinggi antara 0,30-1,30 m, berakar serabut, batang berkayu, dengan radius cabang 60 cm (Suyono, 2004). Dengan morfologi seperti ini, tanaman kakao tidak mengalami halangan dalam menyerap unsur hara dan sinar matahari karena tinggi tanaman nilam lebih pendek demikian juga dengan perakarannya. Tajuk tanaman nilam yang menutup rapat juga membantu terjaganya kadar lengas tanah dan mengurangi tumbuhnya gulma. Sebagian air dan unsur hara yang diberikan pada tanaman nilam juga diserap oleh akar kakao sehingga pertumbuhannya lebih terpacu dibandingkan kakao kontrol (Prawoto & Sholeh, 2006).

Teknik konservasi sangat penting untuk menampung kelebihan air pada musim hujan untuk dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Konservasi air tidak hanya ditujukan untuk mengefektifkan pemanfaatan air, tetapi juga sebagai upaya untuk mencegah daya rusak air terhadap lahan dan lingkungan. Hasil penelitian Pujiyanto, Wibawa, & Winaryo (1996) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman pagar *Vetiveria leucocephala* dapat menekan laju erosi tanah dibanding tanpa tanaman penguat teras, yaitu berturut turut sebesar 1,34 dan 21,78 t/ha/th. Sistem usahatani konservasi pada prinsipnya mengutamakan keberhasilan budidaya secara berkelanjutan. Salah satu teknik konservasi yang murah dan mudah dilaksanakan oleh petani adalah sistem budidaya lorong (*alley cropping*). Sistem ini

pada dasarnya adalah menanam tanaman tahunan dengan jarak tanam rapat di dalam barisan dan renggang antar barisan sehingga akan terbentuk lorong untuk penanaman tanaman semusim.

Tanaman pagar/sabuk umumnya berupa tanaman berumur panjang. Salah satu jenis tanaman atsiri yang berumur panjang dan panenannya relatif singkat, yaitu serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.). Serai wangi termasuk famili gramineae/rumput-rumputan dengan teknik perbanyakan secara vegetatif. Pada umur 3 tahun tanaman serai wangi sudah memiliki jumlah anakan sekitar 45-60 batang/rumpun, dan waktu panen awal pada umur 6 bulan sesudah tanam, dan panen berikutnya dilakukan sekali setiap 3 bulan (Kusuma & Masri, 2004). Tanaman serai wangi sangat berpeluang sebagai komoditas yang bernilai ganda di lahan kritis karena di samping dapat mengkonservasi lahan juga bernilai ekonomis sebagai bahan baku untuk menghasilkan minyak serai wangi (Zainal, Kusuma, Ramadhan, & Alloreng, 2004).

Kriteria yang dipakai sebagai dasar pertimbangan dalam sistem budidaya lorong adalah kemiringan lahan, kedalaman solum, dan kepekaan tanah terhadap erosi. Teknologi konservasi dalam penetapan ukuran lebar lorong pada kemiringan lahan <15% dimana ukuran lebar lorong dalam pemanfaatan tanaman semusim (tegakan rendah) yang relatif besar dengan luasan 70-75%, dan luasan untuk tanaman tahunan (tegakan tinggi/kekayuan) lebih kurang 20-25%. Untuk pengaturan jumlah tanaman berdasarkan atas perhitungan luas kanopi tanaman saat pertumbuhan optimal pada kemiringan lahan >15% (Yustika, Boer, Handoko, Las, & Fagi, 1996).

Penambahan Bahan Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa-sisa organisme hidup. Pupuk organik yang sering digunakan adalah pupuk kandang (Gambar 3) dan kompos. Keuntungan yang diperoleh dengan memanfaatkan pupuk organik adalah memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Pupuk organik yang banyak digunakan umumnya berasal dari kotoran hewan, seperti sapi, domba, dan ayam (Sutanto, 2002). Kompos merupakan bahan organik mentah yang telah mengalami proses dekomposisi. Proses pengomposan memerlukan waktu panjang tergantung pada jenis biomasnya. Percepatan waktu pengomposan dapat ditempuh melalui kombinasi pencacahan bahan baku dan pemberian aktivator dekomposisi (Goenadi, 1997). Kompos bioaktif tandan kosong kelapa sawit yang telah matang diberikan ke tanaman kelapa sawit dengan cara dibenam dalam parit mampu secara langsung menghemat 50% dosis pupuk konvensional tanpa berpengaruh negatif terhadap produksi. Selain itu dapat mempercepat lama produksi tanaman kelapa sawit dari 30-32 bulan menjadi 22 bulan jika kompos tandan kelapa sawit diaplikasikan ke lubang tanam pada saat penanaman (Hermawan, Cikman, Rochmalia, & Goenadi, 1999).



Gambar 3. Pupuk kandang salah satu sumber bahan organik
Figure 3. Sheepdung as one source of organic material

Banyaknya produksi buah kakao mengakibatkan kulit kakao sebagai limbah perkebunan juga meningkat. Jenis limbah dibedakan menjadi limbah perkotaan, limbah rumah tangga dan limbah pertanian. Limbah pertanian meliputi semua hasil proses pertanian yang tidak dimanfaatkan atau belum memiliki nilai ekonomis. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah pertanian adalah dengan dijadikan kompos, seperti halnya dengan kulit buah kakao. Kulit buah kakao merupakan limbah pertanian yang belum banyak mendapat perhatian masyarakat atau perusahaan untuk dijadikan pupuk organik. Menurut Goenadi & Away (2004) kompos kulit buah kakao mempunyai pH 5,4; N total 1,30%; C-organik 33,71%; P_2O_5 0,186%; K_2O 5,5%; CaO 0,23%; dan MgO 0,59%. Dengan demikian peluang pemanfaatan limbah kakao menjadi pupuk organik sangat besar.

Jenis pupuk organik lain yang dewasa ini menjadi perhatian dalam bidang penelitian dan manfaatnya cukup tinggi adalah kotoran cacing tanah (bekas cacing = kascing). Kascing mengandung lebih banyak mikroorganisme, bahan organik, dan juga bahan anorganik dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman dibandingkan tanah itu sendiri. Selain itu, kascing mengandung enzim protease, amilase, lipase, selulase, dan chitinase, yang secara terus menerus mempengaruhi perombakan bahan organik sekalipun telah dikeluarkan dari tubuh cacing (Ghabbour, 1966 cited in Anas, 1990).

Penggunaan Tanaman Penutup Tanah

Salah satu cara konservasi lahan kakao yang paling populer adalah penggunaan tanaman penutup tanah (*cover crops*). Peranan tanaman penutup tanah dalam menekan laju erosi telah diketahui dengan baik. Tanaman penutup tanah juga efektif dalam memperbaiki sifat fisik tanah, terutama struktur tanah, juga cukup besar pula sumbangannya dalam memperkaya bahan-bahan organik tanah serta memperbesar porositas tanah (Kartasapoetra & Sutedjo, 2000).

Kendala penggunaan tanaman penutup tanah pada kebun kakao adalah sifat rambatan tanaman penutup tanah yang menghambat

pertumbuhan tanaman kakao karena tajuk tanaman kakao terbelit oleh tanaman penutup tanah. Di samping itu, kendala berupa kompetisi antara tanaman kakao dengan tanaman penutup tanah juga perlu dipertimbangkan, namun hasil-hasil penelitian yang diperoleh selama ini belum dapat menghasilkan kesimpulan yang jelas untuk kondisi pertanaman di lapangan (Erwiyono & Sugiyanto, 2001; Pujiyanto *et al.*, 2003b).

Salah satu pilihan tanaman penutup tanah untuk kebun kakao yang saat ini banyak diteliti adalah pemanfaatan tanaman *Arachis pinto*, yakni tanaman sejenis kacang-kacangan menjalar. Tanaman ini hanya menjalar di permukaan tanah dan tidak merambati tanaman utama, selain itu juga mampu bertahan di bawah naungan (Gambar 4). *A. pinto* dapat ditanam tunggal atau ditumpangсарikan sebagai penahan erosi pada lahan miring, namun peranannya terhadap tanaman kakao belum diketahui benar. Beberapa penelitian *A. pinto* pada tanaman kakao telah dilakukan pada media yang terbatas (Erwiyono & Sugiyanto, 2001; Pujiyanto *et al.*, 2003a, 2003b). *A. pinto* sebagai tanaman penutup tanah rendah yang pola penyebarannya horizontal, memiliki biomassa cukup tinggi, yaitu antara 12-19 ton/ha per tahun bahan segar atau 3-6 ton/ha per tahun bahan kering. Hal ini secara fisik menguntungkan dibandingkan tanaman penutup lainnya. Tanaman ini mampu menghasilkan banyak bahan organik dan serasah yang berasal dari pelapukan daun dan batangnya (Kartasaputra & Sutedjo, 2000). Pertumbuhan *A. pinto* sangat pesat karena dalam tiga bulan pertama telah mampu menutup 100% permukaan tanah dan menghasilkan biomassa yang tinggi, yakni 3,75 ton bobot kering/ ha per tahun pada umur 14 minggu setelah tanam. Pertanaman *A. pinto* mudah dibangun secara stek langsung dan mempunyai karakter pertumbuhan yang mampu menutup permukaan dengan sempurna. Keuntungan lain dari *A. pinto* ialah bahwa walaupun tumbuh menjalar di permukaan tanah namun tidak tumbuh memilin pada tanaman pokok sehingga tidak memerlukan perawatan khusus untuk pemeliharaan *A. pinto* (Purba & Rahutomo, 2000; Evisal, 2003).



Gambar 4. *Arachis pinto* sebagai tanaman penutup tanah
Figure 4. *Arachis pinto* used as cover crops

A. pinto mempunyai kemampuan untuk mengikat nitrogen udara dengan bantuan bakteri rhizobium yang bersimbiose pada akarnya sehingga mengurangi persaingan antara tanaman *A. pinto* dengan tanaman pokok dalam penyerapan nitrogen tanah (Baon & Anugrina, 2006). Nitrogen yang diikat dari udara akan dilepaskan kembali ke dalam tanah dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman. Namun sering dijumpai populasi rhizobium di dalam tanah sangat rendah sehingga upaya inokulasi bakteri tersebut ke bibit ataupun benih tanaman kacang diperlukan agar tanaman penutup tanah secara langsung atau tanaman kakao secara tidak langsung dapat memperoleh manfaat dari simbiosis ini (Mafongoya *et al.*, 2004). Dalam proses fiksasi nitrogen, tingkat ketersediaan fosfor, kalsium, dan kalium dalam tanah mempengaruhi kelestarian rhizobium, aktivitas nitrogenase dan aktivitas enzim-enzim yang berhubungan dengan nitrogenase. O'Hara (2004) mengemukakan bahwa pertumbuhan bintil akar, aktivitas nitrogenase dan enzim-enzim pendukung nitrogenase responsif terhadap pemberian fosfor.

Berdasarkan penelitian Erwiyono & Sugiyanto (2004), *A. pinto* yang ditanam dalam media terbatas (pot) bersama bibit kakao dapat menekan pertumbuhan bibit tersebut secara nyata. Hal ini tampak dari penurunan diameter batang, tinggi tanaman maupun jumlah daun bibit kakao, yang menunjukkan tendensi persaingan antara bibit kakao dengan *A. pinto* dalam memperoleh makanan dari medianya yang merupakan lingkungan pertumbuhan terbatas. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan persaingan antara kakao dan *A. pinto* dalam memperoleh air tanah. Di lain pihak, hasil penelitian Pujiyanto *et al.* (2003b) dengan media terbatas tetapi berukuran besar, Baon & Pudjiono (2006) dengan media tidak terbatas (di lapangan) menunjukkan tidak adanya pengaruh negatif *A. pinto* terhadap tanaman

kakao, sedangkan tanaman penutup tanah *Calopogonium caeruleum* cenderung menekan pertumbuhan tanaman kakao muda.

Penggunaan Pupuk Hayati

Mikroba indigenous (asli alami) sebagai agen penyedia unsur hara yang dibutuhkan tanaman memiliki peranan yang sangat penting dalam bidang pertanian modern seiring dengan tuntutan sistem produksi ramah lingkungan. Pertanian modern dituntut untuk seminimal mungkin menggunakan bahan sintesis dalam penggunaan input produksi karena penggunaan bahan sintesis telah banyak menimbulkan dampak pencemaran dan kerusakan lingkungan serta menurunkan derajat kesehatan masyarakat. Sejak ditemukannya rhizobium sebagai agen penambat N, penelitian manfaat dan efektivitas mikroba lainnya, khususnya yang berasosiasi dengan perakaran tanaman (mikroba rhizosfir), maju pesat dan sangat diharapkan dapat menggantikan penggunaan input produksi, khususnya pupuk dan pestisida anorganik.

Mikoriza merupakan mikroba simbiotik yang banyak ditemukan di permukaan bumi, dengan mikoriza arbuskular (MA) sebagai tipe mikoriza yang paling sering dijumpai pada hampir semua ekosistem (Strack, Fester, Hause, Schieemann, & Walter, 2003). Keuntungan utama adanya MA bagi tanaman terutama dalam peningkatan serapan unsur P. Namun, unsur lain seperti N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu, dilaporkan juga dipengaruhi oleh MA (Clark & Zeto, 2000). Hal ini dimungkinkan sebagai konsekuensi kemampuan hifa dari MA yang mampu mengeksplor tanah dalam volume besar. Selain itu, asosiasi MA mampu melindungi dari gangguan beberapa penyakit (Vaast, Caswell-Chen, & Zasoski, 1998; Elsen, Baimy, Swennen, & De Waele, 2003). Lebih jauh, MA dilaporkan mampu memperbaiki struktur dan agregasi

tanah melalui pengaruh hifa atau eksudat glycoprotein (Rillig & Mummey, 2006). Meskipun dalam pertanian tradisional perannya dianggap sebagai agen hayati minor (Ryan & Graham 2002), tetapi asosiasi MA dianggap suatu komponen penting dalam bidang pertanian modern secara berkelanjutan (Jeffries & Barea, 2004).

Selain mikroba yang telah dikemukakan di atas, dikenal juga mikroba pelarut fosfat yang pemanfaatannya terutama untuk meningkatkan ketersediaan fosfat di tanah. Laju penyediaan P bagi tanaman bukan hanya ditentukan oleh reaksi fisiko-kimia, namun juga oleh reaksi enzim-enzim yang melibatkan mikroorganisme di dalam tanah. Masalah kekurangan P seringkali bukan karena kandungan P total yang rendah, namun karena perilaku P yang dihadapkan pada masalah adsorpsi, fiksasi, dan imobilisasi. Pada pH rendah, fosfat terlarut diikat oleh Fe, Al, dan Mn maupun hidroksida dari unsur-unsur tersebut. Pada pH tinggi, fiksasi P dilakukan oleh Ca membentuk senyawa yang sukar larut (Pujiyanto, 1991). Mikroba pelarut P mampu berperan melepaskan ikatan P tersebut dan menyediakannya bagi tanaman. Mikroba pelarut P (MPF) yang potensial memiliki kemampuan melarutkan unsur hara P antara lain *Bacillus* dan *Aspergillus*. Inokulasi MPF pada tanaman lada mampu meningkatkan berat biomassa dan serapan hara N, P, dan K (Herman, Sasmita, & Pranowo, 2012). Selanjutnya inokulasi MPF pada bibit kakao mampu meningkatkan serapan P hingga 3 kali pada bibit yang diberi pupuk NPK dibanding kontrol dan yang hanya diberi NPK saja, tanpa MPF, serapan hara P hanya 1,08 kali (Herman, Sasmita, Khaerati, Sakiroh, & Pranowo, 2012).

PENUTUP

Sebagai komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting dengan laju pertumbuhan areal yang cukup pesat, penerapan budidaya kakao berwawasan konservasi menjadi hal yang perlu diprioritaskan. Syarat tumbuh tanaman yang sering diabaikan dan ancaman degradasi lahan yang semakin mendesak, telah mengancam keberlangsungan usahatani kakao. Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi budidaya yang meliputi pengelolaan tanaman penutup, teknik mengatasi erosi pada lahan miring, penerapan polatanam, penambahan bahan organik, penggunaan tanaman penutup tanah dan penggunaan pupuk hayati untuk mencegah terjadinya degradasi lahan perkebunan kakao sehingga keberhasilan usahatani kakao dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Budidaya kakao berwawasan konservasi akan dapat menunjang bioindustri kakao nasional karena memiliki karakteristik sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan semaksimal mungkin sumber-sumber lokal serta meminimalkan limbah pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., Barus, A., Kurnia, U., & Sudirman. (1985). Peranan polatanam dalam usaha pencegahan erosi pada lahan pertanian semusim. *Pem. Penelitian Tanah dan Pupuk*, 4, 41-46.
- Anas, I. 1990. *Metode penelitian cacing tanah dan nematoda*. Bogor: PAU-IPB.
- Baon, J.B., & Pudjiono, H. (2006). Intensitas penutup tanah *Arachis pintoi* dan inokulasi rhizobium serta penambahan fosfor dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kakao dan status hara di lapangan. *Pelita Perkebunan*, 22, 76-90.
- Baon, J. B., & Anugrina, Y. (2006). Kajian sifat kompetisi tanaman penutup tanah *Arachis pintoi* terhadap pertumbuhan tanaman kakao. *Pelita Perkebunan*, 22(3), 191-212.
- Barus, H.P. (2010). *Kajian tingkat bahaya erosi (TBE) pada penggunaan lahan tanaman agroforestry di sub DAS Lau Biang kawasan hulu DAS Wampu*. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/44294316/>.
- Clark, R.B., & Zeto, S.K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 867-902.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2011). *Pedoman teknis praktek budidaya kakao yang baik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Kakao, statistik perkebunan*. (p. 57). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Elsen, A., Baimey, H., Swennen, R., & De Waele, D. (2003). Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil*, 256, 303-313.
- Erwiyono, R., & Sugiyanto. (2004). Kompetisi antara bibit kakao dengan tanaman penutup tanah *Arachis pintoi*. *Pelita Perkebunan*, 17, 115-124.
- Erwiyono, R., Wibawa, A., Pujiyanto, & Baon, J.B. (2006). Peranan perkebunan kopi terhadap kelestarian lingkungan dan produksi kopi: Kasus di tanah Andosol. *Simposium penguatan agribisnis kopi melalui peningkatan mutu, diversifikasi produk dan perluasan pasar* (pp. 155-162). Surabaya, 2-3 Agustus 2006.
- Erwiyono, R. 2007). Penetapan penyebab kerusakan pertanaman kakao akibat musim kemarau. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(3), 131-141.
- Evisal, R. (2003). Pembibitan dan penanaman *Arachis pintoi* sebagai penutup tanah di perkebunan. *Jurnal Agrotropika*, 8, 1-5.

- Goenadi, D.H. (1997). *Kompos bioaktif dari tandan kosong kelapa sawit*. Kumpulan Makalah Pertemuan Teknis Biotek (pp. 18-27). Bogor: Perkebunan Untuk Praktek.
- Goenadi, D.H., & Away, Y. (2004). *Orgadek, aktivator pengomposan*. Bogor: Pengembangan Hasil Penelitian Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.
- Hermawan, D., Cikman, Rochmalia, L., & Goenadi, D.H. (1999). Produksi kompos bioaktif TKKS dan efektifitasnya dalam mengurangi dosis pupuk kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara VIII. *Prosiding pertemuan teknis bioteknologi perkebunan untuk praktek*. Asosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia, Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan.
- Herman, M., Sasmita, K.D., & Pranowo, D. (2012). Pemanfaatan mikroba rizosfer untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara pada tanaman lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(2), 143-150.
- Herman, M., Sasmita, K.D., Khaerati, Sakiroh, & Pranowo, D. (2012). *Pemanfaatan mikroba pelarut fosfat untuk meningkatkan efisiensi pemupukan kakao*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Laporan teknis intern.
- Jeffries, P., & Barea, J.M. (2001). Arbuscular mycorrhiza: A key component of sustainable plant-soil ecosystems. In B. Hock (Ed), *The Mycota, Vol. IX: Fungal Associations* (pp. 95-113). Berlin: Springer-Verlag.
- Kartasaputra, G., & Sutedjo, M.M. (2000). *Teknologi konservasi tanah dan air*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Mafongoya, P.L., Giller, K.E., Odee, D., Gathumbi, S., Nduba, S.K., & Sitompul, S.M. (2004). Benefiting from N₂-fixation and managing rhizobia. In M. van Noorwijk, G. Cadish & C. Ong (Eds.), *Below-ground Interactions in tropical agroecosystems* (pp. 227-242). UK: CAB International, Oxfordshire.
- Nurmi, Haridjaja, O., Arsyad, S., & Yahya, S. (2009). Perubahan sifat fisik tanah sebagai respon perlakuan konservasi vegetatif pada pertanaman kakao. *Forum Pascasarjana*, 32(1), 21-31.
- O'Hara, G.W. (2001). Nutritional constraints on root nodule bacteria affecting symbiotic nitrogen fixation: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 417-434.
- Prawoto, A.A., & Sholeh, P, N, M. (2006). Produksi Awal dan kajian ekonomis usahatani nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) sebagai tanaman sela kakao muda. *Pelita Perkebunan*, 22(3), 168-190.
- Pujiyanto. (1991). Adsorpsi fosfat pada typic fragiudalfs asal kebun percobaan Kaliwining, Jember. *Pelita Perkebunan*, 1(2), 33-38.
- Pujiyanto. (1996). Status bahan organik tanah pada perkebunan kopi dan kakao di Jawa Timur. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 12, 115-119.
- Pujiyanto, Wibawa, A., & Winaryo. (1996). Pengaruh Teras dan Tanaman Penguat Teras Terhadap Erosi dan Sifat Fisik Tanah di Perkebunan Kopi. *Jurnal Penelitian Kopi dan Kakao*, 12(1), 24-32.
- Pujiyanto, Sudarsono, Rachim, A., Sabiham, S., Sastiono, A., & Baon, J.B. (2003a). Pengaruh bahan organik dan jenis tanaman penutup tanah terhadap bentuk bahan organik tanah, distribusi agregat dan pertumbuhan kakao. *Jurnal Tanah Tropika*, 9, 73-86.
- Pujiyanto, Sudarsono, Rachim, A., Sabiham, S., Sastiono, A., & Baon, J.B. (2003b). Pengaruh pemupukan nitrogen dan fosfor terhadap kompetisi antara bibit kakao dengan *arachis pinto* dan *Calopogonium caeruleum* dalam media terbatas. *Pelita Perkebunan*, 19, 17-27.
- Pujiyanto. (2004). Degradasi tanah dan keberlanjutan perkebunan kopi dan kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 20(1), 21-35.
- Purba, A., & Rahutomo, S. (2000). Introduksi kacang penutup tanah alternatif *Arachis pinto* pada areal kelapa sawit belum menghasilkan. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 8, 63-67.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (1998). *Pedoman teknis: Budidaya tanaman kopi (Coffea spp.)* (p. 96). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2004). *Panduan lengkap budidaya kakao. Kiat mengatasi permasalahan praktis* (p. 328). Depok: PT. Agromedia Pustaka.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2010). *Buku pintar budidaya kakao* (p. 298). Depok: PT. Agromedia Pustaka.
- Rahardjo, P. (2007). Pengaruh lama penyimpanan entres terhadap penyambungan bibit kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 23(3), 142-148.
- Rillig, M.C., & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171, 41-53.
- Ryan, M.H., & Graham, J. H. (2002). Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture?. *Plant and Soil*, 244, 263-271.

-
-
- Rubiyo, & Siswanto. (2012). Peningkatan produksi dan pengembangan kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(1), 33-48.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schlieemann, W., & Walter, M.H. (2003). Arbuscular mycorrhiza: Biological, chemical, and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1955–1979.
- Subagyono, K., Marwanto, S., & Kurnia, K. (2003). *Teknik konservasi tanah secara vegetatif*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Sutanto, R. (2002). *Penerapan pertanian organik* (Pemasyarakatan dan Pengembangannya). Yogyakarta: Kanisius.
- Suyono, H. A. (2004). *Nilam: Tanaman nilam pencetak dolar*. Retrieved from www.Intisaronline.com.
- Syofyan. (2010). *Kajian tingkat bahaya erosi (TBE) pada berbagai tipe penggunaan lahan di sub daerah aliran sungai lau biang* (Kawasan Hulu DAS Wampu). Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20126/6/Cover.pdf>.
- Vaast, P., Caswell-Chen, E.P., & Zasoki, R. J. (1998). Influences of a root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, and two arbuscular mycorrhizal fungi (*Acaulospora mellea* and *Glomus clarum*) on coffee (*Coffea arabica* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 26, 130–135.
- Yustika, S.B, Boer, R., Handoko, Las, I., & Fagi, A.M. (1996). Konsepsi dan teknologi konservasi air pada lahan kritis. *Prosiding Teknologi Konservasi Air Berwawasan Agribisnis Pada Ekosistem Wilayah Sumatera Barat* (pp. 33-49). Singkarak, 21-22 Desember 1995.
- Zainal, I, Daswir, Kusuma, Ramadhan, M., & Allorerung, D. (2004). *Pengembangan agribisnis seraiwangi berwawasan konservasi di Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Laporan Akhir (pp. 24-26). Kerjasama Puslitbangbun dan Pemkot Sawahlunto.

