

Ministerial  
Seminar  
Nasional

# Prosiding



## Seminar Nasional Keaneekaragaman Hayati dan Kebudayaan dalam Pembangunan Berkelanjutan

ISBN: 978-602-9138-68-9



**Program Studi Biologi**

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Hindu Indonesia  
Denpasar  
2014

Tim Penyunting:

Prof. Ir. I Wayan Redi Aryanta, M.Sc., Ph.D

Prof. Dr. dr. J. Alex Pangkahila, M.Sc., Sp.And.

Dr. Marina Silalahi, M.Si

Dr. I Gede Ketut Adiputra

Dr. I Nyoman Arsana, S.Si.,M.Si

ISBN:978-602 9138-68-9

## DAFTAR ISI

### MAKALAH UTAMA

	Halaman
1 MEMAHAMI KEANEKARAGAMAN UNTUK MEMBANGUN MASA DEPAN Eko B Walujo .....	1
2 PARADIGMA <i>EKOSENTRISME VS ANTROPOSENTRISME</i> DALAM PENGELOLAAN HUTAN Ida Bagus Dharmika .....	9
3 PEMBAYARAN JASA LINGKUNGAN SEBAGAI INSTRUMEN EKONOMI MENUJU PEMBANGUNAN BERKELANJUTAN I Made Sudarma .....	18
 <b>SUB TOPIK: KEARIFAN LOKAL DALAM PELESTARIAN SUMBER DAYA ALAM DAN EKOSISTEMNYA</b>	
1 KERAGAMAN JENIS BAMBU DI GIANYAR- BALI UNTUK MENUNJANG INDUSTRI KERAJINAN RUMAH TANGGA Ida Bagus Ketut Arinasa .....	27
2 POTENSI LAHAN PEKARANGAN DALAM UPAYA MENDUKUNG PROGRAM KETAHANAN PANGAN NASIONAL DI PERDESAAN KABUPATEN BANGLI I Ketut Arnawa .....	33
3 SUBAK: SISTEM IRIGASI TRADISIONAL DALAM MENJAGA KELESTARIAN SUMBERDAYA PERTANIAN Euis Dewi Yuliana, I.W. Watra, Israil Sitepu .....	37
4 KEANEKARAGAMAN TUMBUHAN OBAT PADA BERBAGAI SATUAN LANSKAP DAN PEMANFAATANNYA OLEH SUB-ETNIS BATAK TOBA DI DESA PEADUNDUNG SUMATERA UTARA Marina Silalahi, Jatna Supriatna, Eko Baroto Walujo, Nisyawati .....	42
5 VALUASI KEANEKARAGAMAN SPESIES TUMBUHAN BERGUNA DI HUTAN ADAT IMBO MENGKADAI (HAIM) BAGI KEHIDUPAN MASYARAKAT MENGKADAI, SAROLANGUN, JAMBI Rifa Hasymi Mahmudah, Eko Baroto Walujo, dan Wisnu Wardhana .....	48
6 ETNOBOTANI TUMBUHAN PENUNJANG RITUAL/ADAT DI PULAU SERANGAN, BALI Revina Indra Putri, Jatna Supriatna dna Eko Baroto Walujo .....	58

7.	STUDI USAHA TERNAK LEBAH MADU INDIGENOUS INDONESIA <i>Apis cerana</i> SECARA TRADISIONAL DI BALI Retno Widowat .....	65
8.	ETNOBOTANI PEKARANGAN MASYARAKAT MELAYU DI DUSUN MENGKADAI SAROLANGUN, JAMBI Rahmat Hidayat, Eko Baroto Walujo dan Wisnu Wardhana .....	73
9.	KEANEKARAGAMAN HAYATI DAN PROSPEK PENGEMBANGAN PENGOBATAN USADA BALI I Wayan Budi Utama .....	81
10.	KEANEKARAGAMAN HAYATI UNSUR <i>BANTEN DAKSINA</i> DALAM MELESTARIKAN KEARIFAN LOKAL, SUATU TINJAUAN ETNOBOTANI Cornelius Sri Murdo Yuwono dan I Nyoman Intaran .....	88
11.	PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI BERDASARKAN KONSEP AJARAN TRI HITA KARANA DALAM PEMBELAJARAN BIOLOGI DI SMAN 2 DENPASAR Ida Bagus Sueta Manuaba .....	96
12.	MANAJEMEN LINGKUNGAN DALAM KEARIFAN LOKAL DAN PERSPEKTIF HINDU Made Wahyu Adhiputra .....	99
13.	PERAN DESA ADAT DALAM PENGENDALIAN PEMANFAATAN LAHAN DI DESA JATILUWIH Wahyudi Arimbawa dan I Komang Gede Santhyasa .....	105
14.	TAMAN SEKOLAH SEBAGAI PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI DAN MENUMBUHKAN SIKAP ILMIAH PESERTA DIDIK Ni Wayan Ratnadi .....	111
15.	PEMANFAATAN KUNYIT ( <i>Curcuma domestica</i> Val) DALAM PENGOBATAN TRADISIONAL DI DESA TENGANAN PEGRINGSINGAN KABUPATEN KARANGASEM Putu Sudiartawan .....	114
16.	POHON BERINGIN DALAM PERSPEKTIF AGAMA HINDU DAN RELEVANSINYA TERHADAP PELESTARIAN PLASMA NUTFAH DI BALI A.A. Komang Suardana .....	117
17.	TUMPEK KANDANG, SEBUAH KEARIFAN LOKAL BALI UNTUK PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI Ni Ketut Ayu Juliasih dan I Made Gede Anadhi .....	124

	1. MANUSIA DALAM KONTEKS LINGKUNGAN HIDUP	
65	Ida Ayu Gde Yadnyawati .....	130
	<b>SUB TOPIK: INTEGRASI PERTANIAN BERBASIS BUDAYA DAN</b>	
	<b>KONSERVASI KEANEKARAGAMAN HAYATI</b>	
73	2. KEANEKARAGAMAN PARASITOID TELUR WALANG SANGIT	
	PADA LOKASI TANAMAN PADI YANG BERBEDA KETINGGIAN	
	DARI PERMUKAAN LAUT	
81	Asah Jamili dan Hery Haryanto .....	134
	3. ANALISIS KERAGAMAN FENOTIP SALAK GULAPASIR PADA	
	RAGAM LINGKUNGAN BERBEDA SEBAGAI DASAR	
	PENGEMBANGAN DI DAERAH BARU DI BALI	
88	I Ketut Sumantra .....	139
	4. AKTIVITAS ANTAGONISTIK DAN KEMAMPUAN	
	<i>Pseudomonas spp.</i> MEMBENTUK SIDEROPHORE UNTUK MENEKAN	
	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> PADA TANAMAN TOMAT	
96	I Ketut Widnyana .....	145
	5. PENGAMATAN KEANEKARAGAMAN SERANGGA PADA	
	BUDIDAYA SAYURAN ORGANIK DI KOTA BATU.	
99	Cokorda Javandira .....	150
	6. KELAPA SEBAGAI MEDIA KULTUR LOKAL AGEN	
	PENGENDALI HAYATI FUSAN <i>Fusan Bacillus thuringiensis</i> var. <i>kurstaki</i>	
	DAN <i>Bt</i> var. <i>israelensis</i>	
05	I Nyoman Sumerta dan Siti Sumarmi .....	153
	7. IDENTIFIKASI FRAKSI AKTIF ANTIBAKTERI PADA	
	DAUN PANCASONA ( <i>Tinospora coriacea</i> Beumee.)	
11	I Putu Darmawijaya .....	158
	8. AIR KELAPA UNTUK PEMBENTUKAN <i>MULTISHOOT</i> PADA	
	PROTOKORM ANGGREK BULAN ( <i>Phalaenopsis amabilis</i> )	
	TRANSGENIK PEMBAWA GEN PENGINDUKSI PEMBUNGAAN	
14	Ida Ayu Purnama Bestari dan Endang Semiarti .....	165
	9. POTENSI ANTIOKSIDAN LOLOH TEMPUYUNG	
	( <i>Sonchus arvensis</i> L.) SEBAGAI MINUMAN FUNGSIONAL	
	I G.A. Wita Kusumawati, I Putu Darmawijaya, I.B.A. Yogeswara .....	169
7	10. ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ASAM LAKTAT	
	SUSU KAMBING KANDIDAT PROBIOTIK	
24	Ni Wayan Nursini .....	175

10. PERILAKU HARIAN ULAR KOBRA ( <i>Naja sputatrix</i> BOIE) DALAM KANDANG PENANGKARAN I Gede Widhiantara dan I Wayan Rosiana .....	181
11. REHABILITASI PERKEBUNAN KAKAO SISTEM AGROFOREST I Gede Ketut Adiputra .....	186
12. KOMPOSISI JENIS MOLUSKA PADA BEBERAPA PERSAWAHAN DI DENPASAR Ni Made Suartini, Ni Wayan Sudatri, Ni Luh Watiniasih .....	192
13. POTENSI EKSTRAK DAUN BROTOWALI ( <i>Tinospora crispa</i> (L) Miers) SEBAGAI FUNGISIDA NABATI TERHADAP PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN CABAI ( <i>Capsicum annum</i> L.) Ida Bagus Gede Darmayasa dan Ni Made Susun Parwanayoni .....	197
14. AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL KULIT BUAH MANGGIS ( <i>Garcinia mangostana</i> L.) I Nyoman Arsana, Ida Bagus Oka, Ni Ketut Ayu Juliasih .....	206
15. NORMOMETABOLIK ANTIOKSIDAN ALAMI TEMPE M-2 DENGAN WORTEL ( <i>Daucus carota</i> ) MENURUNKAN IL-6 DAN HISTOPATOLOGI JARINGAN AORTA PADA ATEROSKLEROSIS DISLIPIDEMIA I.G.A. Ari Agung, A. A. K. Suardana, I. P. Sudiartawan, N. K. Ayu Yuliasih, dan Israel Sitepu .....	213
16. PELESTARIAN KEANEKARAGAMAN HAYATI TUMBUHAN SEBAGAI BAHAN PESTISIDA RAMAH LINGKUNGAN I Wayan Suanda .....	220
<b>SUB TOPIK: PENCEMARAN DAN KESEHATAN LINGKUNGAN</b>	
1. PENGARUH PENCEMARAN LINGKUNGAN TERHADAP KESEHATAN MASYARAKAT I Wayan Redi Aryanta .....	224
2. KAJIAN KRITERIA KAMPUS RAMAH LINGKUNGAN ( <i>GREEN CAMPUS</i> ) DI UNIVERSITAS DHYANA PURA, BADUNG, BALI Nyoman Ngurah Adisanjaya dan Ni Kadek Dwipayani Lestari .....	232
3. DAMPAK PEMBANGUNAN JALAN PROF. DR. IDA BAGUS MANTRA TERHADAP KONDISI LINGKUNGAN DESA KETEWEL Putu Perdana Kusuma Wiguna, Ni Kadek Aditya Purnama Dewi .....	236
4. PROBLEMATIKA PENGELOLAAN LINGKUNGAN DAN KERUANGAN PARIWISATA DI DESA LEMBONGAN, BALI I Komang Gede Santhyasa .....	241

181	MODIFIKASI PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAHU DI CV KITAGAMA SECARA ANAEROBIK I G A. Wita Kusumawati, M. Nur Cahyanto, Endang S. Rahayu .....	247
186	PENGARUH WAKTU DAN pH TERHADAP ADSORPSI LINIER ALKILBENZENA SULFONAT (LAS) PADA BIOSORBEN CANGKANG TELUR AYAM I Made Wisnu Adhi Putra dan I Gede Widhiantara .....	253
192	PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS SUSU KEDELAI SEBAGAI BAHAN PELINDUNG PROBIOTIK <i>L. acidophilus</i> FNCC 0051 SELAMA DI SALURAN CERNA <i>IN VITRO</i> I.B. Agung Yogeswara, N, W, Nursini., I.G.A. Wita Kusumawati .....	258
197	ISOLASI DAN KARAKTERISASI LIPASE DARI BAKTERI YANG DIISOLASI DARI TANAH TERKONTAMINASI MINYAK DI PASAR BANYUASRI SINGARAJA Ni Ketut Novi Purnamasari, Vivi Oviantari, dan I Putu Parwata .....	264
206	PEMBERIAN VITAMIN C MEMPERTAHANKAN PROSES SPERMATOGENESIS DAN JUMLAH SEL LEYDIG PADA MENCIT ( <i>Mus musculus</i> ) YANG MENDAPAT PAPARAN ASAP ROKOK Anak Agung Ayu Putri Permatasari .....	271
213	KUALITAS AIR MINUM DI INSTALASI PENGOLAHAN AIR UNIT NYANYI PDAM TABANAN BERDASARKAN MPN COLIFORM DAN <i>Escherichia coli</i> . I Wayan Suarda .....	279
220	PENGARUH SUHU DAN KELEMBABAN RELATIF UDARA TERHADAP PENAMPILAN FISIK DALAM OLAHRAGA I Nengah Sandi .....	282
224	PENURUNAN JUMLAH SEL SPERMATOGENIK SETELAH PEMBERIAN ALKOHOL PERORAL SECARA KRONIS PADA TIKUS PUTIH ( <i>Rattus sp.</i> ) Ni Wayan Sukma Antari, A.A.S.A. Sukmaningsih, Ni Made Suaniti .....	288
232	AKTIVITAS OLAHRAGA DI LINGKUNGAN PANAS Kunjung Ashadi .....	294
236	STRUKTUR HISTOLOGI HATI MENCIT ( <i>Mus musculus L.</i> ) SETELAH PERLAKUAN MONOSODIUM GLUTAMAT (MSG) Ni Gusti Ayu Manik Ermayanti, Dwi Ariani Yulihastuti, dan Ni Wayan Sudatri .....	298

## REHABILITASI PERKEBUNAN KAKAO SISTEM AGROFOREST

I Gede Ketut Adiputra

Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Hindu Indonesia Denpasar,  
Jl. Sangalangit Tembau, Penatih Denpasar, Bali. e-mail:dr\_gede\_adiputra@yahoo.co.id.

### ABSTRAK

Pohon kakao merupakan tanaman tropis yang memerlukan curah hujan 1100-3000 mm per tahun, intensitas cahaya 20% dan suhu 21°-32°C. Perubahan pada lingkungan abiotik, baik oleh perubahan iklim global atau karena sistem perkebunan yang diterapkan, dapat merusak pertumbuhan karena kakao merupakan tanaman C3 yang sensitif terhadap panas dan kekeringan. Untuk memelihara stabilitas lingkungan abiotik diperlukan manajemen lingkungan antara lain; sistem agroforest. Sistem ini dapat mencegah kehilangan air yang terlalu cepat, penyinaran yang melebihi batas toleransi dan dapat memelihara populasi burung pemangsa serangga. Oleh karena itu, sistem ini dapat mencegah abiotik stres pada tanaman dan membantu pengendalian hama yang menyerang tanaman kakao. Akan tetapi, kelembaban yang tinggi justru merupakan media yang baik bagi perkembangan penyakit yang disebabkan oleh jamur, seperti: "withes broom" dan "black pod". Management sistem agroforest yang tepat diperlukan agar tanaman tidak mengalami stres fisiologi tetapi media yang membantu perkembangan penyakit dapat dikurangi. Pada sistem ini, pengaturan ventilasi melalui pemangkasan menjadi sangat penting agar sirkulasi udara terpelihara dan jumlah sinar yang diperlukan tetap tersedia. Sistem agroforest diharapkan dapat memelihara lingkungan abiotik sesuai keperluan tanaman kakao dan memelihara keanekaragaman hayati untuk memenuhi keperluan masyarakat akan bahan dari tumbuhan seperti bahan bangunan dan bahan upacara keagamaan.

Kata kunci: Agroforestry, kakao, lingkungan abiotik

### PENDAHULUAN

Luas areal perkebunan kakao di Indonesia mencapai lebih dari 1.4 juta ha. Areal ini termasuk terluas di dunia tetapi produksinya termasuk ketiga terbesar setelah Pantai Gading dan Ghana (Puslitbang Perkebunan 2010). Disamping produksi yang rendah, biji kakao Indonesia juga dihargai paling rendah di pasar internasional karena citranya kurang baik (Dep. Perind. 2007, Puslitbang Perkebunan 2010). Menurut Puslitbang perkebunan (2010), produksi biji kakao yang rendah ini disebabkan antara lain oleh adanya serangan ngengat yang dikenal sebagai PBK dan menyebabkan kehilangan produksi lebih dari 80% (Depparaba, 2002). Salah satu kesulitan yang dihadapi dalam penanganan hama ini adalah karena ngengat PBK (*Conopomorpha cramerella* snellen) bersifat homodinamik dan endemik (Depparaba, 2002). Hama seperti ini sulit dikendalikan

karena dapat hidup dan beradaptasi pada tanaman yang berbeda. Di beberapa kawasan, produksi biji kakao sulit dipulihkan bahkan cenderung menurun (Bisnis Bali 2014, Republika 2014). Penurunan produksi biji kakao karena serangan penyakit pernah juga terjadi di Peru, Amerika latin. Serangan hama moniliasis (*Moniliophthora roreri*) mengakibatkan menurunnya produksi sampai pada tingkat yang sangat rendah sehingga tidak memiliki nilai ekonomi. Keadaan ini menyebabkan banyak pekebun meninggalkan lahannya sehingga lahan tersebut menjadi lahan terlantar dengan luas mencapai 16.5 ribu hektar (Krauss and Soberanis 2001). Situasi yang terjadi di Peru ini mirip dengan yang dialami oleh Indonesia saat ini. Dengan luas lahan yang mencapai 1.67 juta hektar pada tahun 2011 (Puslitbang pertanian 2013), produksi hanya sekitar 60% per hektar.



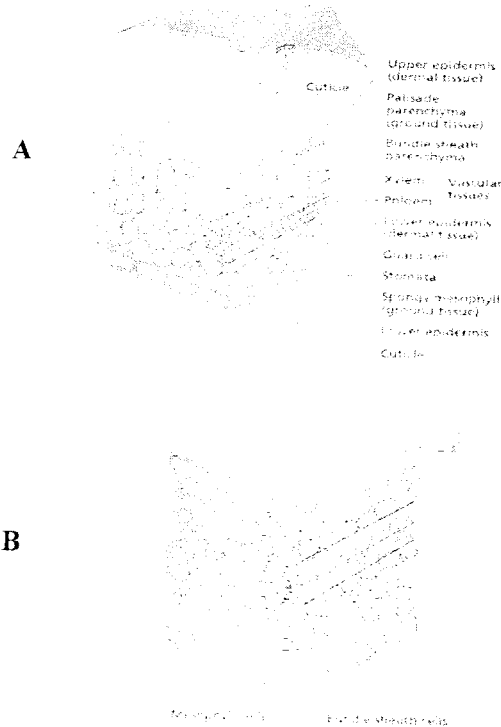
relatif terhadap produksi tahun 2003. Jika penurunan produksi ini tidak dapat ditanggulangi, maka luas lahan perkebunan yang berpotensi ditelantarkan dapat mencapai 1.67 juta hektar. Jika diasumsikan bahwa tiap petani memiliki 0.3 ha lahan/keluarga (Sensus pertanian 2003), maka jumlah penduduk yang dapat kehilangan sumber pendapatan adalah sebanyak  $1670000/0.3 \times 1$  keluarga = sekitar 5 juta keluarga.

Disamping hilangnya sumber pendapatan bagi penduduk yang jumlahnya cukup besar, kerugian juga dapat terjadi pada pelestarian lingkungan karena kehilangan sumber pendapatan akan dikonvensasi dengan upaya pencarian sumber pendapatan lain yang dapat berupa pembukaan lahan baru, alih fungsi lahan atau membiarkan lahan terlantar. Oleh karena itu, penurunan produksi yang terjadi perlu dikaji secara serius untuk menghindari terjadinya kerugian yang begitu besar. Kajian dapat dilakukan pada pengendalian hama dan penyakit (faktor biotik) ataupun pengkajian faktor lingkungan abiotik. Sampai saat ini kajian tentang hama dan penyakit telah dilakukan secara komprehensif, tetapi kajian tentang faktor abiotik nampaknya belum dilakukan secara mendalam. Faktor abiotik ini tidak kalah pentingnya karena tanaman kakao adalah tergolong tanaman C3 yang sensitif terhadap sinar matahari, panas, kekeringan dan kadar  $O_2$ . Perubahan faktor abiotik ini dapat mengubah lingkungan mikro pada tanaman dan mengakibatkan stres fisiologi yang menghambat pertumbuhan dan produksi. Keberlanjutan produksi biji kakao perlu dipelihara karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi dan menjadi sumber pendapatan bagi masyarakat pekebun yang jumlahnya sangat banyak. Tulisan ini akan membahas rehabilitasi perkebunan kakao sistim agroforest. Hal ini penting karena sistem agroforest, disamping dapat memelihara lingkungan abiotik yang sesuai bagi tanaman kakao, juga memberi sumbangan yang penting untuk mengurangi dampak pemanasan global.

**PEMBAHASAN**

Tanaman C3 tidak memiliki sistem untuk mengatasi kekurangan  $CO_2$  jika lingkungan mengalami kenaikan temperatur dan penurunan kadar air yang tinggi. Pada situasi yang panas dan kering, tanaman ini akan menutup stomata untuk mencegah kehilangan air yang terlalu besar. Penutupan stomata ini akan mengakibatkan terputusnya pasokan  $CO_2$  dari luar sehingga

asimilasi karbon menjadi karbohidrat tidak bisa berlangsung. Terhentinya asimilasi karbon ini selanjutnya berakibat pada berkurangnya bahan untuk pertumbuhan dan reproduksi. Tidak mampunya tanaman C3 mengambil  $CO_2$  pada saat stomata tertutup karena struktur anatomi daun C3 tidak dilengkapi dengan pompa untuk mengambil  $CO_2$ . Hal ini berbeda dengan tanaman C4 yang tetap dapat mengambil  $CO_2$  walaupun dalam posisi stomata tertutup. Perbedaan anatomi daun C3 relatif terhadap daun tanaman C4 mengakibatkan pertumbuhan dan reproduksi pada tanaman C3 sangat sensitif terhadap panas dan kering. Pada kondisi yang sama, tanaman C4 masih tetap dapat tumbuh dan bereproduksi karena pasokan  $CO_2$  masih dapat dipelihara melalui pompa. Untuk memperjelas pentingnya pemeliharaan lingkungan abiotik yang sesuai, maka perbandingan anatomi daun C3 dan C4 di tampilkan pada paper ini ( Gambar 1).



Gambar 1.

Perbedaan anatomi daun tanaman C3 (A) dan C4 (B) terletak pada ada tidaknya chloroplast pada sel seludang (bundle sheath cells). Sel seludang daun tanaman C3 tidak punya chloroplast sedangkan pada tanaman C4 memiliki chloroplast. Pada kondisi panas dan kering, stomata pada kedua daun ini tertutup, tetapi  $CO_2$  tetap dapat masuk pada tanaman C4 sedangkan tanaman C3 tidak dapat memperoleh  $CO_2$ .

Tanaman ini juga tidak bisa menanggulangi perubahan konsentrasi CO<sub>2</sub> yang terjadi pada lingkungannya sehingga jika terjadi kenaikan kadar O<sub>2</sub>, tanaman ini akan melakukan fotorespirasi yang dapat menurunkan produksi sampai 50%. Apabila tanaman ini mengalami kekeringan, maka stomata akan tertutup dengan resiko tidak dapat mengambil CO<sub>2</sub> dari lingkungan untuk diubah menjadi karbohidrat. Penurunan biosintesis karbohidrat ini juga berakibat langsung pada penurunan produksi. Intensitas sinar matahari juga dapat menjadi ancaman bagi kelangsungan produksi karena tanaman ini hanya memerlukan intensitas sinar sebesar maksimum 50%. Sistem perkebunan yang tidak menggunakan naungan dapat menjadi ancaman bagi tanaman ini karena sinar yang terlalu tinggi dapat meningkatkan produksi energi yang berlebihan yang mengarah pada terbentuknya senyawa reaktif yang merusak klorofil. Tanpa pemeliharaan lingkungan abiotik yang sesuai bagi tanaman kakao, produksi akan sangat banyak menurun walaupun tanaman tidak diserang oleh hama dan penyakit.

Selain serangan hama dan penyakit, penurunan produksi biji kakao dapat juga disebabkan oleh tidak optimalnya faktor ekofisiologi. Zuidema *et al* (2004) mengembangkan model yang membandingkan variasi iklim dan sistem perkebunan dengan produksi biji kakao. Model ini memasukkan faktor-faktor ekofisiologi berupa kualitas naungan (*light interception*), photosynthesis, respirasi, evapotranspirasi, produksi biomasa dan produksi biji pada tanaman kakao yang memiliki pohon pelindung. Menurut model ini, parameter yang paling menentukan kualitas hasil adalah morfologi buah, fotosintesis dan respirasi. Selanjutnya dikatakan bahwa naungan yang ringan tidak berpengaruh terhadap hasil, sedangkan naungan yang berat (>60%) akan mengurangi hasil sampai sepertiganya. Hal ini menunjukkan bahwa penyesuaian lingkungan abiotik sangat diperlukan agar tanaman kakao dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal. Model ini sesuai dengan metode pengendalian hama terpadu (PHT) yang meliputi; sanitasi, pemangkasan, pemupukan, kondomisasi dll. (Puslitbang Perkebunan 2010).

Sanitasi terutama dilakukan terhadap buah yang terserang dengan cara menguburnya setelah dipanen. Cara ini dimaksudkan untuk

memutus siklus serangan PBK pada buah yang masih sehat. Menurut Puslitbang Perkebunan (2010), penggerek buah kakao dewasa (Imago) aktif pada malam hari dan berlindung ditempat teduh pada siang hari. Ngegat dewasa betina mampu bertelur hingga 100 butir semasa hidupnya dan telur ini ditempatkan pada alur permukaan kulit buah. Setelah telur menetas menjadi larva, dia masuk kedalam buah dengan memakan kulit buah, daging buah dan membuat saluran ke biji. Ulat ini akan keluar dari buah setelah fase larva pada hari ke 14-18 dan membuat kepompong. Setelah 8 hari, fase kepompong akan berubah menjadi ngegat yang siap untuk menyerang buah baru. Oleh karena itu, jika buah yang telah terinfeksi larva pbk ini dipetik dan dikubur, serangan pbk pada buah sehat akan berkurang. Namun cara ini kurang lengkap jika ngegat dewasa berlindung pada pohon, baik naungan maupun pohon kakao itu sendiri. Untuk mengurangi tempat berlindung bagi ngegat dewasa, maka pohon peteduh maupun pohon kakao perlu dipangkas.

Walaupun tujuannya baik yaitu mengurangi serangan hama agar produksi meningkat, metode pemangkasan pohon pelindung ini justru dapat mengancam keberlanjutan produksi tanaman kakao. Pohon peteduh diperlukan di perkebunan kakao karena kakao termasuk memiliki titik jenuh yang rendah terhadap sinar matahari. Menurut Kwapong dan Fripong (2005), tanaman kakao memiliki titik jenuh sinar matahari sebesar  $400 \mu E m^{-2} s^{-1}$ , yaitu hanya 22% dari sinar matahari langsung yang besarnya  $1800 \mu E m^{-2} S^{-1}$ . Jika intensitas cahaya melebihi 60% dari sinar matahari langsung maka fotosintesis akan menurun (Kwapong and Frimpong 2005). Hal yang serupa juga di kemukakan oleh Diaz (2001) yang mengatakan bahwa keperluan sinar matahari untuk tanaman kakao adalah  $600 \mu E m^{-2} s^{-1}$  sedangkan sinar matahari daerah tropis dapat mencapai  $2000 \mu E m^{-2} s^{-1}$ . Jadi tanaman kakao daerah tropis hanya memerlukan sinar sebanyak  $600/2000 \times 100\% = 30\%$ . Untuk pertumbuhan yang normal, tanaman kakao daerah tropis memerlukan tanaman peteduh yang mampu mengurangi sinar matahari sebanyak 70%. Penelitian lain menyebutkan bahwa tanaman yang tumbuh pada penyinaran yang lebih tinggi akan melakukan respirasi yang lebih banyak dibandingkan dengan tanaman yang

ditumbuhkan pada penyinaran yang lebih rendah (Wright et al. 2005). Hal ini berarti bahwa hasil fotosintesis lebih banyak diuraikan untuk memperoleh energy metabolisme dari pada disimpan untuk pembentukan biji. Oleh karena itu, apabila serangan pbk dikendalikan dengan menghilangkan tanaman peteduh secara total maka pengendalian serangan pbk akan mengakibatkan stress fisiologis pada tanaman yang dapat mengancam keberlanjutan produksi kakao.

Pemangkasan pohon peteduh untuk pengendalian hama sebaiknya dilakukan dengan pertimbangan bahwa produksi biji kakao akan optimal apabila keperluan fisiologis tanaman ini terpenuhi secara optimal. Untuk dapat tumbuh dan berproduksi secara optimal, tanaman ini minimal harus dapat melakukan fotosintesis secara optimal. Pemangkasan pohon pelindung dilakukan tidak semata-mata untuk mengurangi serangan pbk tetapi juga untuk mengatur jumlah naungan yang diperlukan oleh tanaman coklat yaitu sekitar 30% dari sinar langsung. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Almeida and Valle (2008) bahwa naungan yang sesuai akan meningkatkan laju fotosintesis, pertumbuhan dan hasil. Jika naungannya terlalu banyak maka produksi akan menurun dan serangan penyakit akan meningkat. Naungan dan hasil ini dikatakan memiliki korelasi yang tinggi apabila ketersediaan nutrisinya mencukupi.

Penelitian di Sulawesi Tengah, Indonesia tentang naungan dan produksi juga dilaporkan oleh Bos et al. 2006. Penelitian ini menemukan bahwa tanaman yang diberi naungan satu jenis pohon (agroforest homogen) dapat meningkatkan serangan infeksi penyakit dan serangan ngengat. Oleh karena itu, untuk peningkatan produksi biji kakao, disarankan untuk menggunakan tidak hanya satu jenis pohon pelindung melainkan berbagai jenis yaitu diversified agroforestry (Bos et al. 2006). Hal ini konsisten juga dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Krauss dan Sobaranis (2001) bahwa kenaikan produksi biji kakao terjadi pada plot yang menggunakan tanaman pelindung dan diberi biokontrol. Oleh karena itu, peneliti ini mengajukan hipotesis bahwa untuk merehabilitasi perkebunan kakao yang telah terlantar diperlukan management pelindung yang berkelanjutan.

Keberhasilan rehabilitasi perkebunan kakao yang terlantar melalui management naungan merupakan khobar yang melegakan bagi petani, konsumen dan juga pencinta lingkungan. Akan tetapi, pada daerah perkebunan baru seperti yang dilaporkan terjadi di Sulawesi, Indonesia, kesuksesan produksi biji kakao (booming) segera diikuti oleh kerusakan (Clough et al. 2009). Menurut peneliti ini, pada awal pembukaan hutan untuk perkebunan, tanaman kakao ditumbuhkan menggunakan system agroforest yaitu dengan menggunakan pohon pelindung. Akan tetapi setelah pohon kakao besar, tanaman ini dianggap tidak lagi memerlukan pohon pelindung dan perkebunan system agroforest kemudian berubah menjadi monokultur. Pada mulanya, kebun kakao tanpa pohon pelindung mengalami kenaikan produksi yang sangat tinggi sehingga untuk mendapatkan hasil yang banyak penggunaan tanaman pelindung tidak lagi dilakukan. Akan tetapi, setelah menghilangkan tanaman pelindung, pohon kakao tidak hanya meningkatkan produksi, tetapi juga mengalami stress fisiologi dan tanaman kakao menjadi rentan terhadap hama dan penyakit. Untuk memelihara tingkat produksi, pohon yang mengalami kondisi ini memerlukan banyak pupuk dan pestisida. Cara ini kemungkinan hanya memacu produksi tanpa mengatasi masalah stress fisiologi. Dari pengalaman ini kemudian disimpulkan bahwa strategi tanpa naungan untuk perkebunan kakao, walaupun produksinya tinggi, tidak mampu bertahan lama dan mengakibatkan terjadinya krisis kakao di Sulawesi (Clough et al. 2009). Masalah yang sama rupanya juga di alami oleh daerah lainnya di Indonesia, misalnya disebutkan bahwa produksi perkebunan menurun dan ekspor nihil (Bisnis Bali 2014). Walaupun secara ekonomi, perkebunan kakao ini sangat menguntungkan, banyak petani kemudian mengganti perkebunan kakao dengan perkebunan lain atau dibiarkan sebagai lahan terlantar. Malaysia misalnya mengganti perkebunan kakao dengan kelapa sawit dan Indonesia semakin tidak tertarik untuk mengembangkan tanaman kakao (Almeida and Valle 2007). Situasi ini tentu tidak dapat dibiarkan terutama jika Indonesia ingin menjadi produsen kakao terbesar dunia pada tahun 2015 (Tribunnews.com 2014).

Produksi biji kakao menggunakan system agroforest ini sebenarnya cukup

menguntungkan baik bagi petani, konsumen maupun untuk keberlanjutan produksi. Sistem ini sebenarnya telah dilakukan di Indonesia yang disebut dengan system tumpang sari. Penelitian yang dilakukan oleh Johanssen dan Persson (2012) tentang intercropping di Peru menyimpulkan a.l. bahwa tumpang sari dilakukan untuk meningkatkan produksi kakao dan menambah pendapatan petani. Sistem tumpang sari ini diperlukan oleh tanaman kakao karena produksi biji kakao dipengaruhi oleh faktor ekofisiologi. Sistem ini mungkin dapat dikatakan sebagai local genius karena telah diterapkan secara tradisional oleh suku Maya di daerah tropis Amerika dan sistem ini dianggap sebagai system agroforest tertua (Almeida and Valle 2007). Akan tetapi karena tuntutan pasar yang tinggi, tanaman dipacu untuk menghasilkan biji yang banyak melalui system tanpa naungan. Sistem tanpa naungan ini dikatakan dapat meningkatkan produksi sampai 50% dan dapat bertahan sampai 15 tahun (Ahenkorah et al. 1987). Walaupun sangat menguntungkan secara ekonomi, system tanpa naungan ini memerlukan input yang sangat banyak yang meliputi pengaturan pengairan, pemupukan dan pestisida yang justru menjadi beban yang berat bagi petani. Disamping itu, system tanpa naungan ini dapat sangat sensitive terhadap gejala perubahan iklim global yang diwarnai oleh kekeringan berkepanjangan atau banjir. Menurut Lean (2010), walaupun radiasi sinar matahari relative tetap tetapi temperature bumi terus naik. Kenaikan temperature ini dapat mengakibatkan iklim mikro pada tanaman perkebunan menjadi ekstrim dan tanaman dapat mengalami stress abiotik yang berat meliputi water stress, salt stress, maupun oksidatif stress. Tanaman yang mengalami stress abiotik ini sulit diharapkan dapat memberi kontribusi pada perbaikan pendapatan karena terjadinya down regulation. Pada kondisi intensitas sinar yang tinggi, panas dan kering, produksi oksigen reaktif (ROS) menjadi sangat tinggi pada tanaman dan dapat mengakibatkan kerusakan sel (Suzuki et al. 2012, Tognetti et al. 2012). Untuk melakukan adaptasi terhadap oksidatif stress ini diperlukan ZPT terutama auksin yang memegang peran penting untuk melakukan pertumbuhan sebagai respon terhadap abiotik stress (Robert and Friml 2009). Besar kemungkinan faktor abiotik stress

ini sangat dominan mempengaruhi produksi kakao di Indonesia, yang dikhawatirkan terus menurun, sehingga untuk melakukan rehabilitasi diperlukan management agroforest dan penggunaan ZPT.

#### SIMPULAN

Keberlanjutan produksi tanaman kakao dapat diupayakan melalui manajemen lingkungan abiotik system agroforest karena memungkinkan tanaman terhindar dari bahaya stress fisiologis.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahenkorah Y, Halm BJ, Appiah MR, Akrofi GS and Yirekyi JEK (1987). Twenty Years' Results from a Shade and Fertilizer Trial on Amazon Cocoa (*Theobroma cacao*) in Ghana. *Experimental Agriculture*, 23, pp 31-39. doi:10.1017/S001447970001101.
- Almeida AAF and Valle RR 2008. Ecophysiology of the cacao tree. *Braz. J. Plant Physiol.*, 19(4):425-448.
- Ananda KS 2006. Cocoa cultivation practices. Central plantation crops research institute (Indian Council of Agricultural research). Kasaragod 671 124, Kerala, India.
- Bisnis Bali 2014. Produksi merosot, ekspor hasil perkebunan "nihil". <http://www.bisnisbali.com/2014/01/07/news/denpasar/ff.html>. Akses tgl 25 Mei 2004.
- Bos MM, Dewenter IS, Tschardtke T 2007. Shade tree management affects fruit abortion, Insect pest and pathogens of cacao. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 120: 201-205.
- Cheesman AW and Winter K 2013. Growth response and acclimation of CO<sub>2</sub> exchange characteristics to elevated temperatures in tropical trees seedlings. *Journal of experimental Botany* Vol. 64, No. 12: 3817-3828.
- Clough Y, Faust H, Tschardtke T. 2009. Cacao boom and bust: sustainability of agroforests and opportunities for biodiversity conservation. *Conservation letters* 2: 197-205.
- Depparaba F 2002. Penggerak buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) dan

- penanggulangannya. *Jurnal Litbang pertanian* 21(2).
- Diaz . Genetic improvement of cacao. Food and agriculture Organization. United Nation
- Johansson H and Persson L 2012. Intercropping strategies and challenges in cacao productions. <http://stud.epsilon.slu.se>.
- Krauss U and Soberanis W 2001. Rehabilitation of diseased cacao fields in Peru through shade regulation and timing of biocontrol measures. *Agroforestry systems* 53: 179-184.
- Kwapong GJA and Frimpong EB. Vulnerability and adaptation assessment under the Netherlands climate change studies assistance programme phase 2 (NCCSAP2). Cocoa research institute of Ghana , New Tapo Akim.
- Lean JL 2010. Cycles and trends in solar irradiance and climate. Focus article. John Wiley and Sons, Ltd.
- Robert HS & FrimL J (2009) Auxin and other signals on the move in plants. *Nature Chemical Biology* 5: 325 – 332. doi:10.1038/nchembio.170.
- Suzuki N, Koussevitzky S, Mittler R Miller G (2012) ROS and redox signaling in response of plants to abiotic stress. *Plant, Cell and Environment* 35: 259-270.
- Tognetti VB, Muhlenbock P, Van Breusegem F. Stress homeostasis – the redox and auxin perspective. *Plant, Cell and Environment* 2012; 35:321-333.
- Zuidema PA, Leffelaar PA, Gerritsma W, Mommer L, Anten NPR 2005. A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): model presentation, validation and application. *Agricultural system* 84:195-225.