

Sirkuler

ISSN : 2337-3946

Inovasi

Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 2

Agustus 2016



SIRINOV

Vol. 4

No. 2

Hal. 59 - 118

Agustus 2016

ISSN 2337-3946



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN

SIRKULER INOVASI

Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 2, Agustus 2016

Penerbit :

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

Penanggung Jawab :

Kepala Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Pemimpin Redaksi merangkap Anggota :

Bambang Eka Tjahjana (Agronomi)

Anggota Redaksi :

Nur Ajijah (Pemuliaan)

Enny Randriani (Budidaya Tanaman)

Handi Supriadi (Fisiologi Tanaman)

Gusti Indriati (Hama dan Penyakit Tanaman)

Redaksi Pelaksana :

Intan Nurhayati

Iing Sobari

Ayi Ruslan

Dermawan Pamungkas

Alamat Redaksi :

Jln. Raya Pakuwon Km.2 Parungkuda-Sukabumi 43357

Telp. (0266) 6542181 Fax. (0266) 6542087

E-mail. upublikasi@gmail.com

Sumber Dana :

DIPA Balittri 2016

Desain Sampul :

Dermawan Pamungkas

Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, memuat tinjauan hasil penelitian dan pengembangan, hasil antara penelitian tanaman industri dan penyegar, terbit pertama kali April 2014 dengan frekuensi terbit 3 (tiga) kali setahun setiap bulan April, Agustus dan Desember. Tulisan dan gambar yang dimuat dalam majalah ini dapat dikutip dengan mencantumkan (menuliskan) sumbernya.

SIRKULER INOVASI

Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 2, Agustus 2016

Potensi Pemanfaatan Jamur Sebagai Agens Hayati Pengendalian Penyakit Tanaman Perkebunan <i>(Samsudin dan Widi Amaria)</i>	59-70
Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang Untuk Budidaya Tanaman Karet <i>(Yulius Ferry dan Bambang Eka Tjahjana)</i>	71-90
Pemanfaatan Mikoriza dalam Mendukung Budidaya Kopi Berkelanjutan <i>(Iing Sobari dan Dewi Nur Rokhmah)</i>	91-104
Pemuliaan Tanaman Partisipatif dan Teknik Sambung Samping dalam Perakitan Varietas Unggul Baru Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Tahan Penggerek Buah Kakao <i>(Indah Sulistyorini, Rubiyo dan Cici Tresniawati)</i>	105-118

PENGANTAR REDAKSI

Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar (SIRINOV), Volume 4 Nomor 2, Agustus 2016 menyajikan 4 artikel tentang potensi pemanfaatan jamur sebagai agens hayati pengendalian penyakit, budidaya tanaman karet di lahan bekas tambang, pemanfaatan mikoriza dalam mendukung pengembangan kopi, dan teknik sambung samping dalam perakitan varietas unggul baru kakao. Isu-isu tersebut sangat relevan dengan permasalahan-permasalahan yang terjadi pada saat ini.

Semoga tulisan-tulisan yang dimuat dalam SIRINOV ini dapat memberikan sumbangan yang nyata untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang perkebunan.

Redaksi

POTENSI PEMANFAATAN JAMUR SEBAGAI AGENS HAYATI PENGENDALI PENYAKIT TANAMAN PERKEBUNAN

UTILIZATION OF *Trichoderma* FUNGI AS BIOCONTROL OF ESTATE CROPS DISEASE

Samsudin dan Widi Amaria

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357
samsudin.afaqih@gmail.com

ABSTRAK

Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri patogen pada komoditas perkebunan sulit dilakukan dan sangat mahal karena membutuhkan volume yang besar dalam waktu yang cukup lama. Pemanfaatan agens hayati untuk mengendalikan penyakit utama tanaman merupakan upaya untuk menekan populasi sumber inokulum dan melindungi tanaman dari infeksi patogen. *Trichoderma* merupakan salah satu jamur antagonis yang telah terbukti mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan patogen tanaman. Mekanisme kinerja *Trichoderma* untuk mengendalikan patogen tanaman adalah sebagai kompetitor dalam memanfaatkan ruang dan substrat, menghasilkan antibiotik yang dapat mematikan patogen, dan bersifat mikoparasit bagi jamur patogen. Beberapa jenis *Trichoderma* juga terbukti bekerja sebagai agens penginduksi ketahanan terhadap penyakit dan mampu merombak bahan organik dalam tanah menjadi unsur hara bagi tanaman sehingga berfungsi sebagai promotor pertumbuhan tanaman. Penggunaan *Trichoderma* untuk mengendalikan penyakit utama tanaman perkebunan sangat berpotensi untuk dikembangkan.

Kata kunci: *Trichoderma*, agens hayati, pengendalian, tanaman perkebunan.

ABSTRACT

Control of diseases caused by fungal and bacterial pathogens in estate crops is difficult and costly due to the large volume and long period. Utilization of biological agents to control plant pathogens is an attempt to suppress the inoculum populations and protect plants from pathogen infection. *Trichoderma* is one fungal antagonist that has been shown suppress the growth and development of plant pathogens. Mode of actions of *Trichoderma* in controlling plant pathogens are as competitors in the use of the substrate, producing antibiotics that are lethal for the pathogen and as micoparasite for fungal pathogens. Some species of *Trichoderma* also proven to act as inducer of disease resistancy and able to remodel soil organic matter into nutrients for plants thus serves as a plant growth promoter. The use of *Trichoderma* to control key diseases of estate crops is potential to be developed.

Keywords: *Trichoderma*, biological agents, control, plantation crops

PENDAHULUAN

Penyakit tanaman yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen merupakan salah satu penyebab menurunnya kuantitas dan kualitas hasil tanaman yang dibudidayakan termasuk tanaman perkebunan. Pengendalian penyakit yang disebabkan oleh jamur dan bakteri patogen pada komoditas perkebunan sulit dilakukan dan sangat mahal karena membutuhkan volume yang besar dalam waktu yang cukup lama. Pengendalian penyakit

tanaman perkebunan selama ini masih bertumpu pada penggunaan pestisida kimia sintetik, yang akan berdampak negatif pada lingkungan dan kesehatan manusia. Dampak negatif penggunaan pestisida kimia sintetik antara lain: menyebabkan resistensi hama dan penyakit sasaran (Oka, 2005), terbunuhnya musuh alami (Tengkano *et al.*, 1992), meningkatnya residu pada hasil, mencemari lingkungan, gangguan kesehatan bagi pengguna (Schumutterer, 1995), bahkan beberapa pestisida disinyalir memiliki kontribusi pada

fenomena pemanasan global (*global warming*) dan penipisan lapisan ozon (Msayleb, 2014).

Pemanfaatan agens hayati untuk mengendalikan patogen tanaman merupakan upaya untuk menekan populasi sumber inokulum dan melindungi tanaman dari infeksi patogen. Diantara sekian banyak jenis agens hayati yang telah diuji keamanannya, tiga di antaranya yaitu *Trichoderma* spp., *Pseudomonas fluorescens*, dan *Bacillus* spp. paling lengkap data keamanannya (Supriadi, 2006). Dari ketiga jenis agens hayati tersebut jamur antagonis *Trichoderma* spp. merupakan agens hayati yang paling berkembang dan sudah digunakan secara luas untuk mengendalikan penyakit utama tanaman budi daya. Menurut Kamalakannan & Gopalakrishnan (2011) saat ini *Trichoderma* telah digunakan sebagai agens hayati yang efektif untuk mengendalikan penyakit tanaman dan juga berfungsi sebagai pemicu pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Trichoderma merupakan jamur saprofit kosmopolit yang tumbuh pada berbagai jenis substrat seperti sisa-sisa tanaman, sampah organik dan kayu yang sudah lapuk. Karakteristik *Trichoderma* yang menjadi dasar pertimbangan ilmiah untuk dijadikan sebagai agens hayati pengendali penyakit tanaman, antara lain: (1) memiliki tingkat reproduksi yang tinggi sehingga dapat bertahan cukup lama pada kondisi yang kurang menguntungkan, (2) efektif dalam memanfaatkan nutrisi, (3) mampu memodifikasi rizosfir dengan menginduksi perubahan pH dan populasi mikrob, (4) sangat agresif menekan patogen tanaman, (5) sebagai agens pemicu pertumbuhan tanaman, (6) berfungsi sebagai promotor pertahanan tanaman (Garcia *et al.*, 2005), berfungsi sebagai antagonis dan hiperparasitik bagi patogen tanaman (Harman *et al.*, 2004).

Beberapa jenis *Trichoderma* yang sudah digunakan untuk mengendalikan berbagai penyakit tanaman budi daya, adalah: *T. viride*, *T. harzianum*, *T. virens*, *T. hamatum* (Nakkeeran *et al.*, 2011), *T. konigii*, *T. polysporum* (Cavaleante *et al.* 2008), dan *T. longibrachiatum* (Matroudi *et al.*, 2009). Tulisan ini mengulas tentang bioekologi, cara kerja (*mode of action*), dan pemanfaatan

Trichoderma untuk mengendalikan penyakit pada komoditas perkebunan.

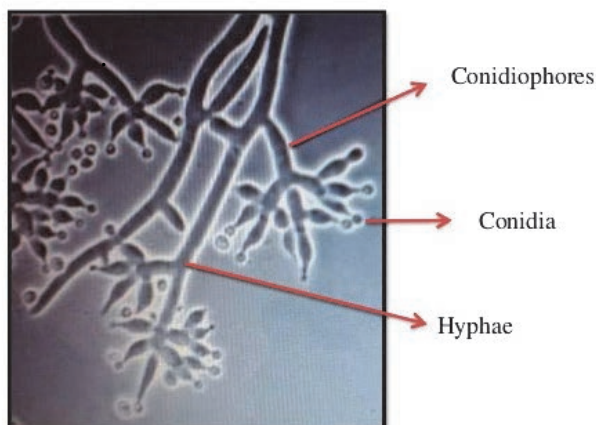
BIOEKOLOGI *Trichoderma*

Jamur *Trichoderma* termasuk dalam Famili Moniliaceae, Ordo Moniliales, Kelas Deuteromycetes. Karakteristik morfologi dari *Trichoderma* adalah hifanya memiliki ruas (septat) dan bercabang banyak, konidiofor memiliki ruas dan cabang paling ujung berfungsi sebagai sterigma. Pada bagian ujung konidiofornya tumbuh sel yang bentuknya menyerupai botol (phialid), sel ini dapat berbentuk tunggal maupun berkelompok. Konidia *Trichoderma* berbentuk bulat, berwarna hijau cerah dan bergerombol membentuk menjadi seperti bola (Gambar 1.)

Koloni *Trichoderma* pada media *potato dextrose agar* (PDA) sangat cepat pertumbuhannya. Pada suhu 25°C koloni sudah menutupi seluruh permukaan cawan petri berukuran diameter 9 cm paling lama hanya dalam waktu 5 hari (Kamalakkanan & Gopalakrishnan, 2011). Koloni awalnya berwarna hialin, kemudian menjadi putih kehijauan dan selanjutnya hijau redup terutama pada bagian yang menunjukkan banyak terdapat konidia (Gambar 2.)

Jamur dari marga *Trichoderma* dikenal sebagai jamur saprofit yang dapat mendekomposisi bahan-bahan organik seperti serasah dan kayu mati di permukaan tanah (Reza, Motlagh, & Samimi, 2013). Jamur ini banyak dipelajari karena memiliki karakteristik sebagai kompetitor ulung dalam menggunakan nutrisi dan ruang, serta efisien mengalahkan organisme pesaingnya (Schmoll & Schuster, 2010). *Trichoderma* hidup pada daerah yang agak lembap, sedangkan pada kondisi tanah yang kering populasinya akan lebih rendah. Selain kelembapan tanah, perkembangan populasi *Trichoderma* dalam tanah juga dipengaruhi oleh pH, aerasi, dan nutrisi. Populasi *Trichoderma* dapat berkembang dengan baik pada pH rendah didukung keadaan yang lembap (Berlian, Setyawan, & Hadi, 2013). Menurut Kamalakannan & Gopalakrishnan (2011) umumnya pada tanah-tanah subur yang berada dari daerah iklim

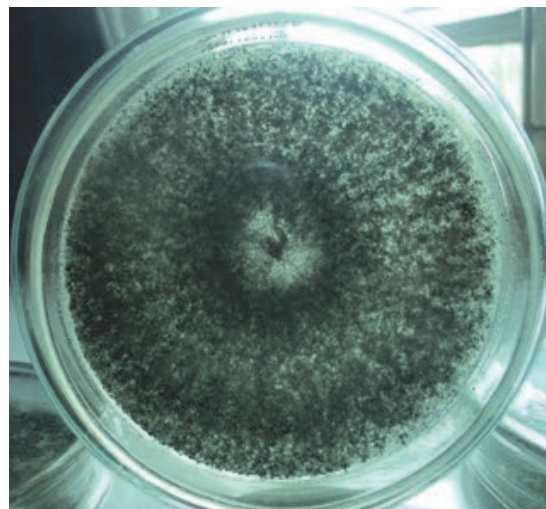
sedang dan daerah tropis mengandung 10^1 – 10^3 propagul *Trichoderma* per gram tanah. Jamur ini juga menyukai kondisi tanah yang asam dan termasuk peka terhadap sinar atau cahaya langsung. Jenis-jenis *Trichoderma* lebih banyak ditemukan di tanah perakaran daripada pada tanah non vegetasi dan tunggul pohon (Suharna, 2002).



Gambar 1. Struktur morfologi *Trichoderma* (Sumber: <http://image.slidesharecdn.com>)

Figure 1. Morphological structure of *Trichoderma* (Source: <http://image.slidesharecdn.com>)

Beberapa karakteristik morfologi jenis *Trichoderma* yang berpotensi sebagai agens hayati yang telah diamati berdasarkan koloni dan secara mikroskopis tersaji pada Tabel 1.

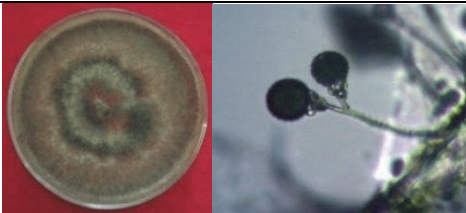
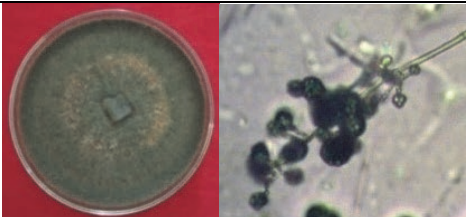


Gambar 2. Koloni *Trichoderma viride* pada media PDA umur 5 hari. (Sumber: Samsudin)

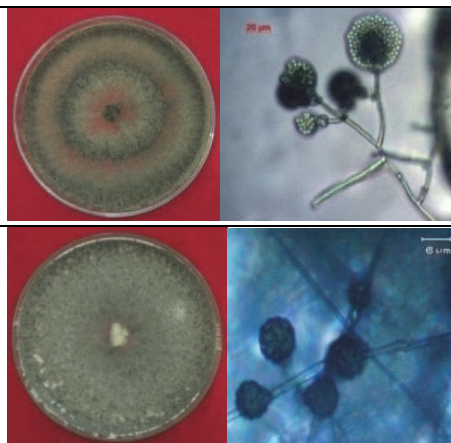
Figure 2. The colony of *Trichoderma viride* in PDA media at 5 days. (Source: Samsudin)

Tabel 1. Karakteristik morfologi *Trichoderma* sp.

Table 1. Morphological characteristics of *Trichoderma* sp.

Jenis <i>Trichoderma</i>	Karakteristik morfologi
<i>T. virens</i>	Koloni hijau keputihan, permukaan halus dan tipis seperti beludru, tumbuh pesat, bentuk koloni bulat, terdapat seperti cincin, menyebar ke segala arah. Hifa hialin, konidia hijau, konidiofor bercabang tidak teratur, 3-6 phialid. 
<i>T. hamatum</i>	Koloni hijau tua pekat, permukaan halus dan agak tebal, tumbuh agak pesat dan menyebar ke segala arah. Pada biakan yang tua terdapat warna kekuningan. Hifa hialin, konidia hijau tua, konidiofor bercabang tidak teratur, phialid 3-6. 

Jenis	Karakteristik morfologi
<i>Trichoderma</i>	
<i>T. amazonicum</i>	Koloni hijau keputihan, berbentuk bulat dan cincin yang konsentris, permukaan halus dan tipis seperti beludru. Hifa hialin, konidia hijau tua, konidiofor bercabang tidak teratur, phialid 3-6.
<i>T. atroviride</i>	Koloni awalnya putih dan pada bagian tengah hijau, kemudian menjadi hijau pada semua permukaannya, namun tetap tampak jelas warna putih di permukaan bawah, koloni lebih tebal, kasar, dan tidak terdapat cincin, tumbuh pesat dan menyebar ke segala arah. Hifa hialin, konidia hijau tua, konidiofor bercabang tidak teratur, phialid 3-6.



Sumber: Amaria, Taufiq, & Harni (2013)

Source: Amaria, Taufiq, & Harni (2013)

CARA KERJA (MODE OF ACTION)

Trichoderma

Jamur dari marga *Trichoderma* merupakan mikroorganisme antagonis yang dapat menggunakan satu atau lebih mekanisme kerjanya dalam menekan patogen tanaman. Beberapa mekanisme kerja *Trichoderma* dalam menekan pertumbuhan dan perkembangan patogen tanaman adalah: kompetisi, mikoparasitisme, dan antibiosis (Benítez, Rincón, Limón, & Codón, 2004; Harman, 2006; Verma, Brar, Tyagi, Surampalli, & Valéro, 2007). Menurut Trigiano, Windham, & Windham (2008), kompetisi adalah mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang menggunakan atau memperebutkan makanan (karbon dan nitrogen) atau sumber mineral yang sama, maupun menempati habitat atau inang yang sama. Mikroorganisme yang satu dapat mengalahkan mikroorganisme lainnya karena pertumbuhannya lebih cepat sehingga dapat menggunakan secara efisien sumber makanannya. *Trichoderma* merupakan kompetitor ulung yang mampu menguasai nutrisi dan ruang pertumbuhan (Benítez *et al.*, 2004). Untuk mengetahui cara kerja kompetisi ini umumnya dilakukan pengujian biakan ganda (*dual culture*) dengan meletakkan kultur agens

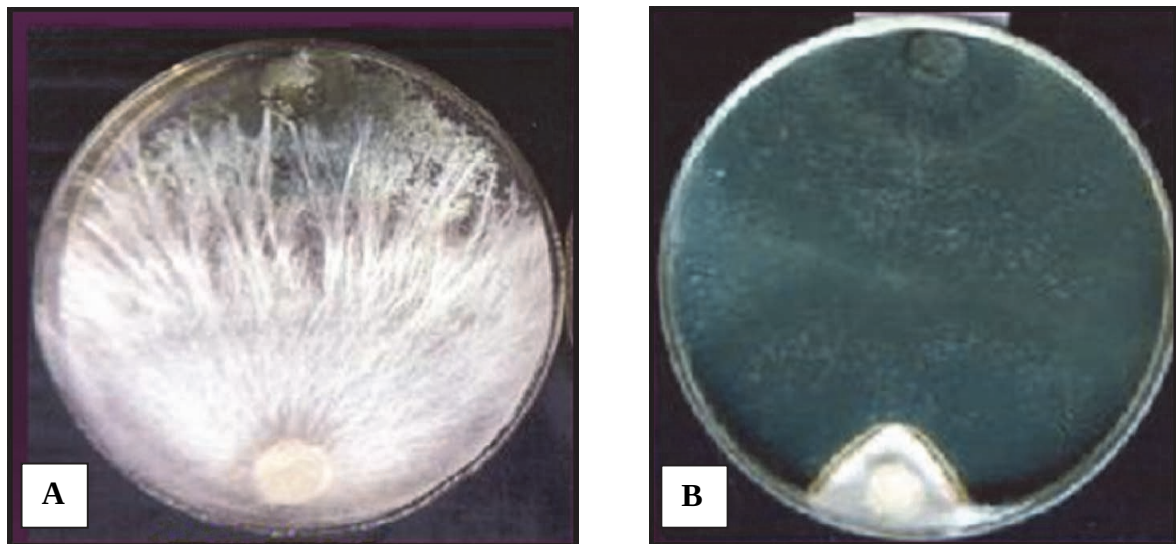
hayati di satu sisi dan kultur patogen di sisi lainnya yang berseberangan (Gambar 3.). Tingkat antagonisme *Trichoderma* kemudian diklasifikasi sesuai dengan kriteria menurut Chandrasekar *et al.* (2011) (Tabel 2.).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa koloni *T. viride* dapat menutup penuh permukaan cawan petri berukuran 9 cm dalam waktu 4 hari. Melalui uji *dual culture* dengan beberapa patogen menunjukkan bahwa jamur ini mampu menghambat 29% ruang pertumbuhan *Fusarium roseum*, 44% *Epicoccum* sp., 21% *Monilella* sp, dan 15% *Absidia* sp. (Bouziane, Dehimat, Abdel, Benabdelkader, & Kacem, 2011). Koloni *T. viride* dan *T. harzianum* mampu secara sempurna menutupi koloni *F. oxysporum* (Yadav, 2012). *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* menghambat koloni *Rigidoporus microporus* sebesar 80%–85% (Amaria *et al.*, 2013).

Persentase penghambatan *Trichoderma* terhadap patogen sangat bervariasi tergantung dari metabolit sekunder yang diproduksinya (Eziashi, Uma, Adekunle, & Airede, 2006). Metabolit volatil yang dihasilkan *T. viride* sangat efektif mengendalikan *F. oxysporum* (Tapwal *et al.*, 2011). Hasil penelitian terbaru memperkuat hasil penelitian sebelumnya bahwa *T. viride* ini memiliki aktivitas

antagonistik yang sangat kuat terhadap jamur *F. oxysporum* pada kondisi *in vitro* (Perveen & Bokhari, 2012). Penghambatan jenis *Trichoderma* lainnya karena pengaruh metabolit sekunder yang dihasilkan, juga diteliti oleh Amaria, Harni, & Samsudin (2015), bahwa metabolit sekunder volatil dan non volatil yang dihasilkan oleh *T. virens* dapat menghambat pertumbuhan *R. microporus* masing-masing sebesar 56,29% dan 88,52%. Secara umum, perbedaan kemampuan penghambatan oleh *Trichoderma* sp. jamur disebabkan oleh perbedaan jenis, strain jamur *Trichoderma*, serta jenis patogen. Metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* spp. dalam

menghambat pertumbuhan patogen juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya seperti jenis dan konsentrasi senyawa antibiotik yang dihasilkan, jenis dan strain jamur, kehadiran jamur lain, laju keseimbangan biosintesis, serta biotransformasi (Degenkolb *et al.*, 2008; Vinale *et al.*, 2009). Lebih lanjut dijelaskan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh marga *Trichoderma* di antaranya adalah *harzianic acid*, *alamethicins*, *peptaibols* (*trichor-zianine*), *6-penthy- α -pyrone*, *viridin*, *gliovirin*, *gliotoxin*, *heptelidic* atau *koningic acid*, *isocyano derivatives* (*dermadin acid*) (Schuhmacher *et al.*, 2007; Zeilinger & Omann, 2007).



Gambar 3. Cara kerja kompetisi dari jamur *Trichoderma* terhadap jamur patogen: (A) patogen (kontrol), dan (B) metode *dual culture* (Sumber: Nakkeeran, 2011)

Figure 3. Description of how *Trichoderma* competing with fungal pathogens (A) pathogen (control), and (B) dual culture method. (Source: Nakkeeran, 2011)

Penelitian tentang pemanfaatan *Trichoderma* sebagai agens hayati lebih terfokus pada kinerjanya yang bersifat mikoparasitisme dan antibiosis karena memiliki pengaruh langsung terhadap pengendalian patogen tanaman (Harman, *et al.*, 2004). Hasil penelitian tentang kinerja mikoparasitisme menunjukkan bahwa jamur ini menghasilkan enzim antijamur seperti kitinase dan β -1,3 glucanases. Enzim-enzim ini bekerja secara sinergis satu sama lain untuk menghancurkan sel patogen (Harman, 2006). Menurut Chet

(1987) mikoparasitisme dari *Trichoderma* merupakan proses yang sangat kompleks dan terdiri dari beberapa tahap. *Trichoderma* melakukan interaksi awal dengan patogen, yaitu dengan cara membelokkan hifanya ke arah jamur inang sebagai fenomena respon kemotropik adanya rangsangan dari hifa inang ataupun senyawa kimia yang dikeluarkan oleh jamur inang. Setelah hifa *Trichoderma* menjangkau hifa inangnya, kemudian membelit dengan membentuk struktur seperti kait (*hook-like structure*) dan melakukan penetrasi

terhadap miselium inang. Bersamaan dengan penetrasi tersebut, jamur *Trichoderma* mengeluarkan enzim yang akan menghancurkan dinding sel jamur patogen, antara lain kitinase, protease, dan glukonase (Gambar 4). Protease akan bekerja mengkatalis hidrolisis molekul protein menjadi fragmen-fragmen besar dan peptidase yang menghidrolisis fragmen polipeptida menjadi asam amino. Kitinase

merupakan enzim yang mengkatalis degradasi hidrolitik kitin, terlibat dalam induksi ketahanan tanaman terhadap serangan jamur patogen, bekerja melarutkan dinding hifa patogen sehingga pertumbuhannya terhambat. Glukonase adalah enzim hidrolitik yang mampu menyebabkan lisis pada dinding sel patogen, yaitu β -1,3-glukanase yang berperan penting dalam menghambat pertumbuhan patogen.

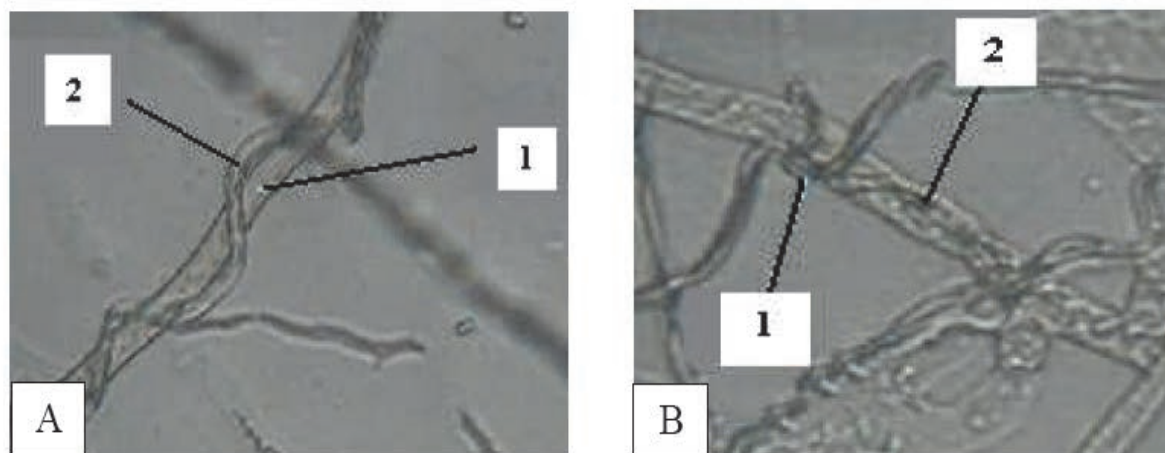
Tabel 2. Klasifikasi antagonis *Trichoderma* spp. terhadap pathogen

Table 2. Antagonistic characteristics of *Trichoderma* spp. toward pathogen

Kelas antagonis	Deskripsi
1	Patogen menutupi sebagian/seluruh koloni strain <i>Trichoderma</i>
2	Patogen/ <i>Trichoderma</i> mengkoloni setengah dari media, dan satu dengan yang lain saling mendominasi
3	Inisiasi <i>Trichoderma</i> tumbuh menutupi koloni patogen
4	<i>Trichoderma</i> tumbuh menutupi 2/3 permukaan koloni patogen
5	<i>Trichoderma</i> secara sempurna menutupi koloni patogen dan menutupi seluruh permukaan media

(Sumber: Chandrasekar *et al.* 2011)

(Source: Chandrasekar *et al.* 2011)



Gambar 4. Aktivitas mikoparasit *Trichoderma* sp.: (1) terhadap *Sclerotinia sclerotiorum* (2), A. bentuk struktur gulungan, B. struktur pengait (Sumber: Matroudi, *et al.*, 2009)

Figure 4. *Micoparasites activity of Trichoderma* sp.: (1) on *Sclerotinia sclerotiorum* (2), A. spiral structure, B. hook structure. (Source: Matroudi *et al.* 2011)

Hasil penelitian Amaria *et al.* (2015) melaporkan bahwa *T. virens* dan *T. atroviride* mempunyai mekanisme mikoparasitisme dalam menghambat pertumbuhan *R. microporus*, yaitu

memparasit patogen, menyebabkan dinding sel patogen lisis, tidak dapat berkembang, dan mati. *T. virens* menghasilkan enzim yang berfungsi sebagai antifungal, antara lain

trichodermin, gliotoxin, dan gliovirin (Viterbo, Inbar, Hadar, & Chet, 2007; Gupta *et al.*, 2014), sedangkan *T. atroviride* menghasilkan enzim hydrolytic seperti β -1,3-glucanases, β -1,6-glucanases, kitinase, dan protease untuk proses penetrasi (Kullnig, Mach, Lorito, & Kubicek, 2000; Gupta *et al.*, 2014).

Beberapa anggota dari marga *Trichoderma* dalam menekan patogen tanaman dengan cara antibiosis, yaitu menghasilkan antibiotik berupa senyawa toksin yang mampu menghancurkan propagul yang berisi spora-spora patogen di sekitarnya (Meidiantie, *et al.*, 2010). Hasil penelusuran yang dilakukan oleh Chandrasekar, *et al.* (2011) jamur *Trichoderma* menghasilkan lebih dari 43 jenis metabolit sekunder yang menunjukkan aktivitas antibiotik. Jamur *T. viride* menghasilkan trichodermin, dermadin, trichoviridin dan sesquiterpene *heptalic acid*. *T. hamatum* menghasilkan trichoviridin dan *acrylic acid*, sedangkan *T. harzianum* menghasilkan trichozianines.

Selain menghasilkan antibiotik, beberapa jenis *Trichoderma* juga menghasilkan berbagai senyawa yang mampu menginduksi respons resistensi tanaman terhadap patogen (Harman *et al.*, 2004), dan senyawa yang menjadi agens pemicu pertumbuhan tanaman (Garcia *et al.*, 2005). Dibandingkan dengan mekanisme mikoparasitisme, antibiosis dan kompetisi, induksi ketahanan terhadap penyakit sebenarnya merupakan mekanisme kerja *Trichoderma* yang paling penting untuk mengendalikan patogen tanaman (Cumagun, 2012). Demikian pula kemampuan dari *Trichoderma* untuk menghasilkan senyawa yang mampu memicu pertumbuhan tunas, akar dan buah, merupakan bentuk manfaat lain yang sangat penting untuk dikembangkan (John, *et al.*, 2010).

PEMANFAATAN *Trichoderma* SEBAGAI AGENS HAYATI PENGENDALI PENYAKIT TANAMAN PERKEBUNAN

Pemanfaatan *Trichoderma* sebagai agens hayati pengendali penyakit penting tanaman

perkebunan sudah lama dilakukan. Keunggulan menggunakan *Trichoderma* antara lain memiliki karakteristik kompetensi rizosfir dan saprofit, penghambatan terhadap patogen tinggi, mudah diperbanyak, berspektrum luas, aman untuk lingkungan, dan kompatibel dengan agens hayati lain (Jeyarajan & Nakkeeran, 2000). Berlian *et al.* (2013) menambahkan bahwa beberapa jenis *Trichoderma* merupakan agens hayati yang dapat membentuk struktur bertahan (klamidospora) sehingga mempunyai ketahanan terhadap pestisida kimia serta kondisi lingkungan yang miskin nutrisi. Hal inilah yang menyebabkan *Trichoderma* mudah beradaptasi dan memiliki persistensi tinggi sehingga berpotensi dalam menghambat perkembangan jamur patogen serta menekan serangan penyakit tanaman.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur antagonis ini efektif mengendalikan beberapa patogen yang menyerang berbagai tanaman budi daya termasuk komoditas perkebunan. *Trichoderma* sp. mampu menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao (Umrah, Anggraeni, Esyanti, & Aryantha, 2009). Hasil penelitian Bae *et al.* (2016) menunjukkan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur *Trichoderma* berpotensi untuk digunakan sebagai pengendali hayati penyakit yang disebabkan oleh jamur *Phytophthora*.

Jamur *T. harzianum* mampu menekan pertumbuhan dari jamur *Alternaria alternata* penyebab penyakit bercak cokelat (*brown spot*) pada tanaman tembakau (Gveroska & Ziberoski, 2012). *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* mampu menghambat pertumbuhan jamur *Rigidoporus* sp. penyebab penyakit jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet (Amaria *et al.*, 2013; Amaria & Wardiana, 2014)). Jamur *T. harzianum* mampu memperlambat masa inkubasi, menurunkan intensitas penyakit, menurunkan tingkat kevirulenan, menurunkan jumlah konidium akhir jamur *F. oxysporum* penyebab busuk rimpang, dan meningkatkan hasil rimpang kencur (Probowo, Prihatiningsih, & Soesanto, 2006).

Jamur *Trichoderma* selain memegang peranan penting dalam mengendalikan jamur patogen tanaman terutama jamur patogen tular tanah (*soil borne*) (Ha, 2010), juga dapat diandalkan untuk mengendalikan patogen yang berada di permukaan bagian tanaman. Sebagai agens biokontrol *Trichoderma* yang menghasilkan beberapa enzim seperti pectinases, cutinase, glucanase dan chitinase, dan terutama aktivitas enzim protease yang diaplikasikan pada bagian permukaan tanaman mampu menurunkan infeksi beberapa jamur patogen, antara lain: *Botrytis cinerea*, *Pseuoperonospora cubensis*, *Sclerotinia sclerotiorum*, dan *Sphaerotheca fusca* (syn. *S. fuliginea*) (Elad, 2000).

KESIMPULAN

Trichoderma merupakan jamur kosmopolit yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik pada berbagai kondisi lingkungan dan berfungsi sebagai saprofit. Jamur ini berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai pengendali hayati penyakit penting tanaman budi daya. Mekanisme kinerja *Trichoderma* dalam mengendalikan patogen adalah sebagai kompetitor, menghasilkan antibiotik yang dapat mematikan patogen dan bersifat mikoparasit bagi jamur patogen. Beberapa jenis *Trichoderma* juga terbukti bekerja sebagai agens penginduksi ketahanan terhadap penyakit dan mampu merombak bahan organik dalam tanah menjadi unsur hara bagi tanaman, sehingga berfungsi sebagai promotor pertumbuhan tanaman. Jamur *Trichoderma* telah dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit penting tanaman perkebunan, antara lain: penyakit busuk buah pada kakao, bercak coklat pada tembakau, jamur akar putih (JAP) pada karet, dan busuk rimpang pada kencur.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaria, W., Taufiq, E., & Harni, R. (2013). Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 55–64. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v4n1.2013.p55-64>.
- Amaria, W., & Wardiana. (2014). Pengaruh waktu aplikasi dan jenis *Trichoderma* terhadap penyakit jamur akar putih pada bibit tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 45–54. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v1n2.2014.p79-86>.
- Amaria, W., Harni, R., & Samsudin. (2015). Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(1), 235–244. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v2n1.2015.p51-60>.
- Bae, S. J., Mohanta, T. K., Chung, J. Y., Ryu, M., Park, G., Shim, S., ... Bae, H. (2016). *Trichoderma* metabolites as biological control agents against *Phytophthora* pathogens. *Biological Control*, 92, 128–138.
- Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., Codón, A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int Microbiol.*, 7(4), 249–60.
- Berlian, I., Setyawan, B., & Hadi, H. (2013). Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perkaretan*, 32(2), 74–82.
- Bouziane, Z., Dehimat, L., Abdel, A., Benabdelkader, M., & Kacem, C. (2011). The antagonism between *Trichoderma viride* and other pathogenic fungal strains in *Zea mays*. *Agric. Biol. J. N. Am.*, 2(4), 584–590. <http://doi.org/10.5251/abjna.2011.2.4.584.590>
- Cavaleante R.S., Lima, H.L.S, Pinto, G.A.S., Gava, C.A.T. & Rodrigues S. (2008). Effect of moisture on *Trichoderma* conidia production on corn and wheat bran by solid state fermentation. *Food*

- Bioprocess Technol.*, 1, 100–1004.
- Chet, I. (1987). *Innovative approaches to plant diseases control* (pp. 11–210). USA: John Wiley and Sons, A Wiley-Interscience Publication.
- Chandrasekar, G., Nakkeeran, S., Renukadevi, P., & Raguchander, T. (2011). Selection of fungal biocontrol agents (pp. 25–37). *International Workshop on “Production of Biocontrol agents” (Pseudomonas and Trichoderma)* 18–22 July. Coimbatore, India.
- Cumagun, C. J. R. (2012). Managing plant diseases and promoting sustainability and productivity with *Trichoderma*: The Philippine experience. *J. Agr. Sci. Tech.*, 14, 699–714.
- Degenkolb, T., von Dohren, H., Nielsen, K.F., Samuels, G.J., Bruckner, H. (2008). Recent advances and future prospects in peptaibiotics, hydrophobin, and mycotoxin research, and their importance for chemotaxonomy of *Trichoderma* and *Hypocrea*. *Chem. Biodiversity*, 5, 671–680.
- Elad, Y. (2000). Biological control of foliar pathogens by means of *Trichoderma harzianum* and potential modes of action. *Crop Protection*, 19(8–10), 709–714.
- Eziashi, E., Uma, N., Adekunle, A., & Airede, C. (2006). Effect of metabolites produced by *Trichoderma* species against *Ceratocystis paradoxa* in culture medium. *African Journal of Biotechnology*, 5(9), 703–706.
- Garcia, B.F.J, Santamarina, M.P., & Rosello, J. (2005). *Trichoderma*: mecanismos de control. *Phytoma*, 172, 106–107.
- Gupta, V.K., SchMoll, M., Herrera-EStrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I., & Tuohy, M.G. (2014). *Biotechnology and biology of Trichoderma* (p. 527). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Gveroska, B., & Ziberoski, J. (2012). *Trichoderma harzianum* as a biocontrol agent against *Alternaria alternata* on tobacco. *Applied Technologies & Innovations*, 7(2), 67–76.
- Ha, T. (2010). Using *Trichoderma* species for biological control of plant pathogens in Vietnam. *J. ISSAAS*, 16(1), 17–21.
- Harman, G. E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190–194.
- Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., & Lorito, M. (2004). *Trichoderma* species--opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nature Reviews. Microbiology*, 2(1), 43–56. <http://doi.org/10.1038/nrmicro797>.
- John, R. P., Tyagi, R. D., Prévost, D., Brar, S. K., Pouleur, S., & Surampalli, R. Y. (2010). Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol agent against *Fusarium oxysporum* f. sp. adzuki and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promoter of soybean. *Crop Protection*, 29(12), 1452–1459. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.004>
- Kamalakannan, A. & Gopalakrishnan, C. (2011). Isolation of *Trichoderma* species from soil (pp. 9–12). *International Workshop on “Production of Biocontrol agents” (Pseudomonas and Trichoderma)* 18–22 July. Coimbatore, India.
- Kullnig, C., Mach, R. L., Lorito, M., & Kubicek, C. P. (2000). Enzyme diffusion from *Trichoderma atroviride* (= *T. harzianum* P1) to *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma* ech42 gene expression

- before mycoparasitic contact. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 2232–2239.
- Matroudi, S., Zamani, M., & Motallebi, M. (2009). Antagonistic effects of three species of *Trichoderma* sp. on *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of canola stem rot. *Egyptian Journal of Biology*, 11, 37–44.
- Meidiantie, S., Muanis N.A., & Raharjo, A. (2010). *Petunjuk praktis membuat pestisida organik* (pp. 25–36). PT. Agromedia Pustaka. Cet-1.
- Msayleb, N. 2014. Soil ozonation as a sustainable alternative to methyl bromide fumigation and synthetic pesticides. Graduate Theses and Dissertation, Iowa State University. Ames, Iowa. 101 p.
- Nakkeeran, S., Chandrasekar, G., Renukadevi, P., & Raguchander, T. (2011). Mass production of *Trichoderma viride* (pp. 119–129). *International Workshop on “Production of Biocontrol agents” (Pseudomonas and Trichoderma)* 18–22 July. Coimbatore, India.
- Oka, I.N. (2005). *Pengendalian Hama Terpadu dan Implementasinya di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 255 h.
- Perveen, K., & Bokhari, N. A. (2012). Antagonistic activity of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* isolated from soil of date palm field against *Fusarium oxysporum*. *African Journal of Microbiology Research*, 6(13), 3348–3353.
<http://doi.org/10.5897/AJMR12.247>
- Probowo, A., Prihatiningsih, N., & Soesanto, L. (2006). Potensi *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan sembilan isolat *Fusarium oxysporum* Schlecht. f . sp . zingiberi Trujillo pada kencur. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*, 8(2), 76–84.
- Reza, M., Motlagh, S., & Samimi, Z. (2013). Evaluation of *Trichoderma* spp., as biological agents in some of plant pathogens, 4(3), 173–179.
- Schmoll, M., & Schuster, A. (2010). Biology and biotechnology of *Trichoderma*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 87(3), 787–99. doi: 10.1007/s00253-010-2632-1.
- Schumutterer, H. (1995). *The Neem Tree, Source of Unique Natural Product for Integrated Pest Management, Medicine Industrial Other Purpose*. VCH Verlagsgesellschaft, Vanheim. Federal Republic of Germany. p 9.
- Schuhmacher, R., Stoppacher, N., & Zeilinger, S. (2007). Peptaibols of *Trichoderma atroviride*: Screening, identification, and structure elucidation by liquid chromatography-tandem mass spectrometry (pp. 609–617). In Méndez Vilas, A. (Ed.), *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology*.
- Suharna, N. (2002). Keberadaan dan distribusi jenis-jenis *Trichoderma* di hutan kawasan taman nasional Gunung Halimun. *Berita Biologi*, 6(1), 159–165.
- Supriadi. (2006). Analisis risiko agens hayati untuk pengendalian patogen pada tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3), 75–80.
- Tengkano, W., Harnoto, Taufik, M., & Iman, M. (1992). Dampak negatif insektisida terhadap musuh alami pengisap polong. Seminar Hasil Penelitian Pendukung Pengendalian Hama Terpadu. Kerjasama Program Nasional PHT, BAPPENAS dengan Faperta-IPB. 29 p.
- Tapwal, A., Singh, U., Teixeira, J. A., Singh, G., Garg, S., & Kumar, R. (2011). In Vitro Antagonism of *Trichoderma viride* against Five Phytopathogens. *Pest*

- Technology*, 5(1), 59–62.
- Trigiano, R.N., Windham, M.T., & Windham, A.S. (2008). *Plant pathology: Concepts and laboratory exercises* (p. 558). Second Edition. New York: CRC Press.
- Umrah, Anggraeni, T., Esyanti, R. R., & Aryantha, I. N. P. (2009). Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao. *J. Agroland*, 16(1), 9–16.
- Verma, M., Brar, S. K., Tyagi, R. D., Surampalli, R. Y., & Valéro, J. R. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*.
- Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., ...Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, 48, 705–711.
- Viterbo, A., Inbar, J., Hadar, Y., & Chet, I. (2007). Plant disease biocontrol and induced resistance via fungal mycoparasites. In C. P. Kubicek and I. Druzhinina (Ed.), *The Mycota IV: Environmental and microbial relationships* (pp. 127–146). Heidelberg, Germany: Springer.
- Yadav, L. S. (2012). Antagonistic activity of *Trichoderma* sp and evaluation of various agro wastes for mass production, 1(June), 109–112.
- Zeilinger, S., & Omann, M. (2007). *Trichoderma* biocontrol: Signal transduction pathways involved in host sensing and mycoparasitism. *Gene Regul. Syst. Biol.*, 1, 227–234.

PEMANFAATAN LAHAN BEKAS TAMBANG UNTUK BUDIDAYA TANAMAN KARET

MINED LAND USE FOR RUBBER CULTIVATION

Yulius Ferry dan Bambang Eka Tjahjana

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
yulius_ferry@yahoo.com

ABSTRAK

Kegiatan penambangan sering meninggalkan lahan dengan kondisi marginal. Lahan bekas tambang batu bara, timah, dan bauksit menyisakan lahan dengan kadar liat yang tinggi, berbatu, daya resap air rendah sehingga mudah tergenang, miskin unsur hara, bahan organik dan mikroorganisme tanah. Lahan bekas tambang tersebut semakin lama semakin luas dan tidak produktif. Reklamasi lahan bekas tambang merupakan usaha untuk mengembalikan lahan sesuai dengan rona awal, sehingga nantinya dapat digunakan sebagai lahan pertanian atau lainnya. Tanaman karet adalah salah satu tanaman yang berpotensi digunakan sebagai tanaman reklamasi lahan bekas tambang, karena mempunyai adaptasi yang tinggi, dapat hidup pada dataran rendah sampai tinggi tempat 700 m dpl, dari beriklim kering hingga curah hujan mencapai 3.000 mm/tahun, dari tanah berliat tinggi sampai tekstur tanah lepas. Tanaman karet dapat menyediakan bahan organik setiap tahun dari guguran daunnya, karet mempunyai sifat menggugurkan daun secara berkala sekali setahun, guguran daun tersebut selain menambah kandungan bahan organik juga meningkatkan jumlah mikroorganisme di dalam tanah. Penggunaan tanaman karet sebagai tanaman reklamasi didukung oleh tersedianya teknologi pembenahan tanah bekas tambang, seperti teknologi biopori yang dapat meningkatkan daya meresap air ke dalam tanah, tempat pembusukan bahan organik, dan tempat berkembangnya organisme yang dapat bersimbiosis dengan perakaran tanaman, perbaikan struktur dan tekstur tanah. Pupuk hayati juga memberikan dampak yang signifikan dalam memperbaiki kesuburan tanah marginal bekas lahan tambang. Membudidayakan karet di lahan bekas tambang akan mengurangi kompetisi penggunaan lahan pertanian, mempercepat produktivitas lahan, memulihkan lingkungan dan meningkatkan pendapatan petani di sekitar lahan bekas tambang.

Kata kunci: Karet, lahan bekas tambang, pembenahan, pemupukan

ABSTRACT

Abandoned mined land are often categorized as marginal, usually high in clay content, mixed with rocks, low water absorbance, poor of nutrients, organic matter and soil microorganisms. Mined land is extensively growing and not unproductive. Mined land reclamation is an attempt to repair the negative effects of the mining activities so that later can be used for agricultural purpose or others. Rubber is a potential plant for mined lands reclamation because of its high adaptability, grow well in both lowlands and highlands (up to 700 m asl), in dry climates or up to 3,000 mm/year precipitation level, either in clay soil or loose textured soil. Utilizing rubber plant supported by land amelioration technology such as biopore to increase water absorbing capability, decaying process, and microorganism in the soil, repair the structure and soil texture. Biofertilizer also significantly repair soil fertility of the mined land. rubber cultivation in mined lands decreases the competition of agricultural land, improve land productivity, repair the environment and increase farmers welfare in the area.

Keywords: Rubber, exmined land, amelioration, fertilizing

PENDAHULUAN

Lahan bekas tambang dari tahun ke tahun terus bertambah, sejalan dengan makin gencarnya usaha pertambangan. Lahan bekas tambang timah di Bangka telah mencapai 400.000 ha, lahan bekas tambang batubara di Kalimantan Timur akan mencapai 5 juta hektar, lahan bekas bauksit di Kalimantan Barat telah

mencapai 300.000 ha, lahan bekas tambang batubara di Sawah Lunto, lahan bekas tambang emas di Pulau Buru, bauksit di Pulau Bintan dan daerah tambang lainnya akan terus meluas. Lahan-lahan bekas tambang tersebut menjadi lahan yang tidak bernilai ekonomis karena belum dapat dimanfaatkan sebagai lahan budi daya atau lainnya.

Jangka waktu izin usaha pertambangan mencapai puluhan tahun, sedangkan kegiatan penambangan dilakukan secara bertahap tahun per tahun. Penyerahan lahan bekas tambang dari pengusaha tambang kepada pemerintah luasannya disesuaikan dengan izin usaha pertambangan (IUP) yang diberikan. Akibatnya lahan yang telah ditambang walaupun telah direklamasi sesuai dengan rona awal tetap tidak bisa diserahkan karena luasnya belum sesuai dengan luas IUP yang diberikan. Hal tersebut menyebabkan areal yang telah ditambang semakin luas tetapi tidak dapat dimanfaatkan karena belum diserahkan kepada pemerintah atau ke masyarakat.

Lahan bekas tambang timah di Bangka mempunyai kandungan pasir kuarsa yang tinggi (mencapai 90%), tidak dapat menahan air, miskin unsur hara, rendah kandungan bahan organik, rendah mikroorganisme tanah, dan rendahnya pH. Sehingga tidak banyak tanaman yang dapat tumbuh di atas tanah tersebut kecuali beberapa jenis tanaman *pioneer* seperti jenis rumput-rumputan (Pratiwi, 2016; Ferry et al, 2010, Sasmita et al, 2011). Agak berbeda dengan lahan bekas tambang batu bara yang mempunyai kandungan liat yang tinggi, sulit meresapnya air, tetapi sama-sama miskin bahan organik, rendah unsur hara, rendah mikroorganisme, dan dengan pH yang sedikit asam. Oleh sebab itu lahan bekas tambang sebelum digunakan sebagai lahan pertanian perlu direklamasi terlebih dahulu untuk memperbaiki lahan tersebut agar sesuai dengan rona awal. Tanaman yang umumnya digunakan sebagai tanaman reklamasi adalah tanaman yang cepat tumbuh dan menghasilkan bahan organik yang tinggi seperti sengon laut (*Albizia falcata*), akasia (*Acacia mangium*, *Acacia crassicarpa*), lamtoro (*Luecaena glauca*), turi (*Sesbania grandiflora*), gamal (*Gliricidia sepium*) dan sebagainya. Beberapa syarat tanaman dapat dijadikan tanaman pada reklamasi antara lain, 1) Mempunyai fungsi penyelamatan tanah dan air dengan persyaratan tumbuh yang sesuai dengan keadaan lokasi, baik iklim maupun tanahnya, 2) Mempunyai fungsi mereklamasi tanah, 3) Hasilnya dapat diperoleh dalam waktu yang tidak terlalu lama, 4) Tumbuh cepat & mampu tumbuh pada tanah

kurang subur, 5) Tidak menjadi inang penyakit, tahan akan angin dan mudah dimusnahkan, 6) Mempunyai perakaran yang lebar dan atau dalam, dan 7) Tanaman harus bisa dimanfaatkan kemudian hari, artinya mempunyai prospek ekonomi yang baik (Iskandar, 2016).

Tanaman karet dapat dijadikan salah satu tanaman reklamasi bagi lahan bekas tambang, selain dapat tumbuh pada tanah marginal, pertumbuhannya cepat, perakaran kuat, dan bernilai ekonomi yang tinggi. Dengan demikian, pemanfaatan lahan bekas tambang untuk budidaya tanaman karet dapat dilakukan lebih awal, sehingga lahan bekas tambang tersebut dapat bernilai ekonomis lebih dini dari yang semestinya. Beberapa alasan kenapa hal tersebut dapat dilakukan antara lain, 1) produk dari tanaman karet tidak dikonsumsi langsung, sehingga bahan berbahaya yang terdapat di tanah lahan bekas tambang yang belum direklamasi tidak membahayakan konsumen, 2) tanaman karet mempunyai daya adaptasi yang tinggi, 3) tersedianya teknologi pembenahan tanah lahan bekas tambang, 4) tanaman karet merupakan salah satu jenis tanaman yang juga dapat dijadikan tanaman reklamasi, dan 5) teknik budi daya tanaman karet telah banyak dikuasai oleh petani (Tjahjana dan Ferry, 2010).

Namun untuk menggunakan lahan bekas tambang sebagai lahan pengembangan tanaman karet diperlukan perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi. Bahan pembenah yang berpotensi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi lahan bekas tambang dapat berasal dari bahan organik, mineral, mikroorganisme dan melalui pemupukan (Ferry et al, 2010; Sasmita et al, 2011). Bahan organik merupakan bahan pembenah tanah yang sangat diperlukan dalam proses agregasi tanah untuk membangun struktur fisik tanah yang sehat. Di Amerika Serikat, kandungan bahan organik dalam tanah menjadi salah satu kriteria penentu kualitas tanah (Pringadi, 2008). Bahan organik berfungsi antara lain untuk mengikat dan menyediakan unsur hara, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan daya simpan air, meningkatkan kegiatan biologis tanah dan merangsang percepatan pelapukan tanah bekas tambang (Sisworo, 2006; Sutanto, 2002). Salah

satu jenis bahan organik adalah kompos. Beberapa bahan yang dapat dijadikan kompos antara lain berasal dari limbah pasar (sampah), berangkasan tanaman (biomassa), tanaman kacang-kacangan, dan sebagainya (Zaini *et al*, 2004).

Bahan mineral seperti tanah liat berfungsi untuk mengikat unsur hara, meningkatkan daya simpan air, memperkecil pori tanah dan lainnya, sedangkan biologi tanah membantu pelapukan tanah dan bahan organik, dan dengan bersimbiosis dengan perakaran tanaman dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam mengabsorpsi unsur hara dan air (Hardjowigeno, 2010).

Pembenahan tanah tailing kuarsa dengan menggunakan kompos dan tanah liat sebanyak 40% atau 20% kompos + 20% tanah liat per lubang berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karet, demikian juga dengan penambahan pupuk dan mikroorganisme pengurai unsur hara, sedangkan tanpa pemberian kompos atau tanah liat pertumbuhannya akan lambat (Rusli dan Ferry, 2016). Hal yang sama terjadi pada penanaman kemiri sunan pada lahan bekas tambang batu bara. Sistem tumpang sari kemiri sunan dengan seraiwangi membantu pertumbuhan kemiri sunan dengan adanya tambahan bahan organik dari biomassa seraiwangi (Ferry, *et al.*, 2016). Penanaman tanaman sela diantara tanaman karet juga memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman karet dan perbaikan kualitas tanah bekas tambang, karena dapat menambah bahan organik yang berasal dari biomassa tanaman sela tersebut (Rusli dan Ferry, 2016).

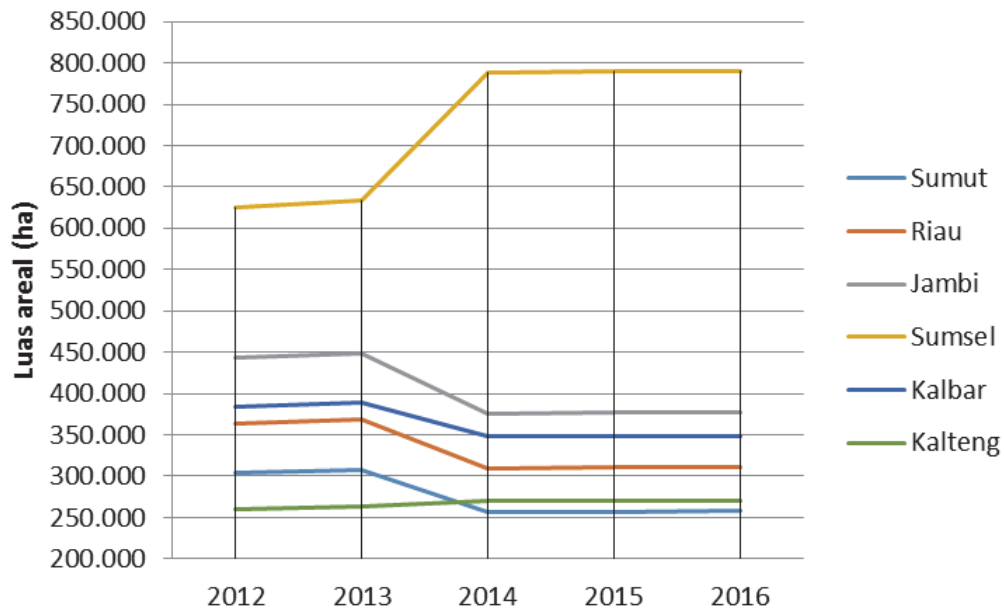
PERKEMBANGAN TANAMAN KARET

Luas Areal

Perkembangan luas areal tanaman karet pada kurun waktu lima tahun terakhir di daerah sentra produksi mengalami penurunan terutama pada tahun 2013-2014, terkecuali di Sumatera Selatan yang mengalami peningkatan (Gambar 1). Setelah 2014, luas areal tanaman karet

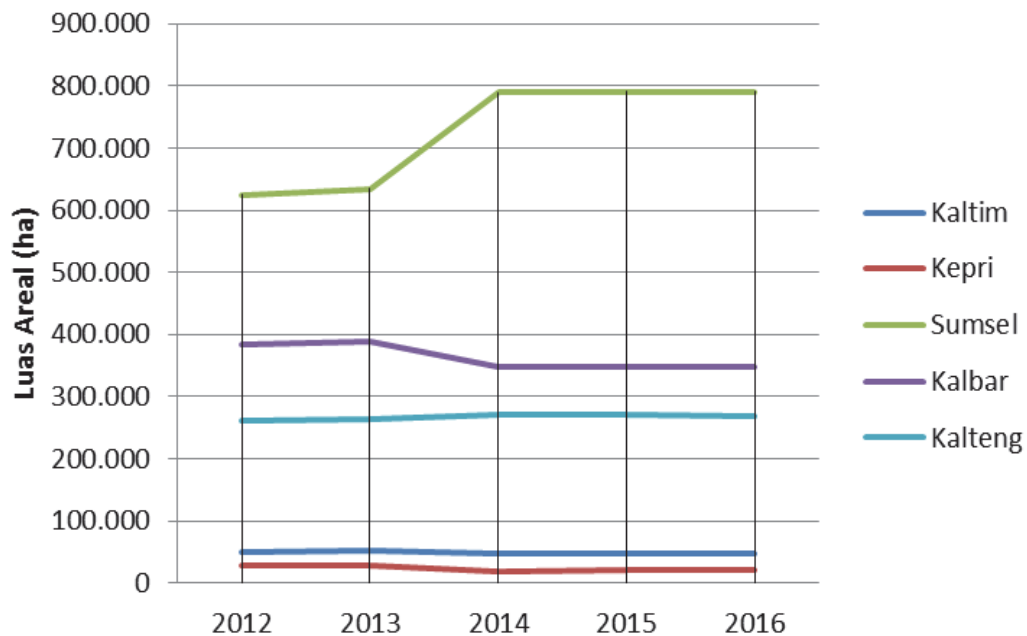
relatif tidak berubah. Hal tersebut terjadi karena turunnya minat petani menanam karet disebabkan antara lain, harga karet yang semakin rendah, dan konversi lahan karet menjadi lahan budidaya tanaman lain yang lebih menguntungkan. Sedangkan meningkatnya luas areal di Sumatera Selatan disebabkan oleh tersedianya bibit harga murah akibat batalnya gerakan nasional tanaman karet (Gernas Karet). Kalimantan Tengah merupakan daerah sentra produksi karet yang tidak mengalami perubahan luas areal. Daerah tersebut merupakan daerah dengan lahan rawa yang cukup luas, penanaman karet di lahan rawa memerlukan biaya yang cukup besar terutama untuk pembangunan saluran drainase. Pada kondisi harga karet yang murah sangat tidak memungkinkan untuk melakukan pengembangan tanaman karet.

Perkembangan pertanaman karet di daerah pertambangan seperti Kalimantan Timur, Kepulauan Riau, dan Kalimantan Barat tidak mengalami perubahan yang berarti dalam kurun waktu lima tahun terakhir, kecuali Kalimantan Barat yang mengalami penurunan pada tahun 2013-2014, dan setelah tahun 2014 juga tidak banyak mengalami perubahan (Gambar 2). Hal tersebut terjadi karena konversi lahan tanaman karet menjadi lahan tanaman perkebunan lainnya seperti kelapa sawit dan lada. Konversi dan kompetisi di atas tidak akan terjadi apabila tanaman karet ditanam di lahan bekas tambang sebagai tanaman reklamasi, karena jenis tanaman perkebunan yang dapat hidup baik di lahan bekas tambang yang belum direklamasi sangat terbatas (Pratiwi, 2016). Daerah pertambangan lain yang mengalami peningkatan luas areal tanaman karet hanya Sumatera Selatan. Tidak adanya perkembangan areal pada daerah pertambangan lainnya banyak dipengaruhi oleh harga produk tanaman karet itu sendiri. Padahal seharusnya kondisi harga produk karet tersebut tidak berpengaruh karena kayu pohon karet pun bernilai ekonomis tinggi seperti tanaman reklamasi lainnya. Jika harga karet kembali membaik maka akan diperoleh pendapatan tambahan dari hasil penyadapan lateks, suatu tambahan yang lebih besar dibandingkan dengan hanya menghasilkan kayu.



Gambar 1. Perkembangan luas areal perkebunan karet rakyat di daerah sentra produksi 2012-2016 (sumber : Ditjenbun, 2015)

Figure 1. The development of smallholders rubber area in production center region from 2012-2016 (Source: Ditjenbun, 2015)



Gambar 2. Perkembangan luas areal perkebunan karet rakyat di daerah tambang 2012-2016 (sumber Ditjenbun ,2015)

Figure 2. Development of rubber plantation in mined land 2012 – 2016 (Source : Ditjenbun, 2015)

PEMBENAHAN TANAH BEKAS TAMBANG

Sifat fisik dan kimia tanah bekas tambang timah

Tanah bekas tambang timah sampai berumur 10 tahun mempunyai tekstur dengan kadar pasir yang tinggi dan tidak banyak mengalami perubahan dalam kurun waktu tersebut. Sedangkan kadar debu dan liat sangat rendah masing-masing sekitar 1% dan 4-6% (Tabel 1). Hasil penelitian PT. Tambang Timah (dalam Rahma, 2008), bahwa umur tanah bekas tambang timah sampai 40 tahun sifat fisiknya belum pulih seperti sebelum ditambang.

Sifat kimia dan fisik tanah bekas tambang timah tidak banyak berbeda dari tahun ke tahun, pH sampai tahun ke 10 tidak banyak mengalami peningkatan, masih masam. Kadar P mengalami peningkatan, K tidak mengalami perubahan, sedangkan kadar logam berat mengalami

penurunan walaupun masih tinggi. Kadar N, debu dan liat sangat rendah, karena sewaktu proses penambangan terjadi pencucian bahan organik. Fungsi liat dan debu adalah untuk mengikat bahan organik dengan butir-butir tanah lainnya sehingga rendahnya kandungan liat dan debu mengakibatkan semua menjadi mudah tercuci (Rahma, 2008). Menurut Amriwansyah (1990), sifat fisik dan kimia tanah pada lahan pasca penambangan umumnya kurang baik, sehingga perlu direhabilitasi. Kendala fisik misalnya struktur tanah yang rusak, tekstur kasar (dominan pasir), peka terhadap erosi dan kemampuan memegang air rendah. Kendala kimia seperti rendahnya pH dan kapasitas tukar kation, kejenuhan aluminium (Al), kadar besi (Fe) dan Mangan (Mn), miskin unsur hara dan kesuburan organik rendah serta adanya kandungan logam berat yang tinggi.

Tabel 1. Karakter sifat fisik, kimia dan kadar logam berat tanah bekas tambang timah umur 1, 5 dan 10 tahun.

Table 1. Physical and chemical characteristics and lead content of tin mined land at 1.5 and 10 years after completed mining activities

No.	Parameter	Umur tanah bekas tambang timah (tahun)		
		1	5	10
a.	Sifat fisik			
	Kadar pasir	96	92	93
	Kadar debu	0	2	1
	Kadar liat	4	6	6
	Kelas tekstur	Pasir	Pasir	Pasir
b.	Sifat kimia			
	pH	5,1	5,0	5,3
	Kadar N total (%)	0,02	0,02	0,01
	P tersedia (Bray I)(ppm)	0,1	0,2	0,2
	K tersedia (cmol(+). Kg ⁻¹)	0,04	0,03	0,04
	Tibal (Pb) (ppm)	12	21	11

Sumber : Ferry *et al* (2010).

Source: Ferry *et al* (2010).

Sifat fisik dan kimia tanah bekas tambang batu bara

Sifat kimia tanah bekas tambang batu bara tidak terlalu asam seperti tanah bekas tambang timah, kandungan N pun tidak terlalu rendah, tetapi persentase debu dan liat cukup tinggi mencapai 84%, pori-pori sangat halus dan aerasi tanah menjadi jelek sehingga daya

meresap air rendah, air mudah tergenang, dan oksigen tanah sangat terbatas (anaerob). Pada musim kemarau, tanah menjadi sangat keras sekali dan retak-retak, sedangkan pada musim hujan tanah menjadi sangat basah dan becek.

Pada proses penambangan batu bara, lapisan top soil dan lapisan bawah dikupas (gambar 3) dan diletakan ditempat lain, yang

nantinya dikembalikan ke tempat semula. Pada proses pengembalian tanah top soil dan tanah lapisan bawah tersebut, tanah menjadi lepas, tercuci, bercampur aduk, dan sering tanah top soil tersebut menjadi berkurang dibandingkan dengan lapisan top soil awal, sehingga lahan tersebut menjadi lahan dengan lapisan liat dan debu yang tinggi, tidak subur (marginal), mudah erosi, aliran permukaan besar, rendahnya unsur hara N dan P, pH rendah sekitar 4-5, dan tipisnya tanah top soil (Gambar 4).



Gambar 3. Lapisan tanah
(Sumber Iskandar, 2016)
Figure 3. Soil layers
(Sumber: Iskandar, 2016)

Terbongkarnya lapisan bawah tanah dan batuan induk menyebabkan terurainya beberapa unsur seperti Zn, Al, Cu, Mg dan lain-lain, sehingga bila terserap tanaman dalam kadar yang melebihi ambang batas dan produk tanaman tersebut dikonsumsi langsung, maka akan membahayakan konsumen (Iskandar, 2016). Dengan demikian, penanaman karet pada lahan bekas tambang batu bara, selain produk karetnya tidak dikonsumsi langsung, juga secara agronomis tanaman karet dapat beradaptasi pada tanah pH 4-5, top soil dangkal, dan kandungan liat tinggi. Guguran daun tanaman karet menambah bahan organik tanah dan memperbaiki kesuburan tanah. Unsur berbahaya yang diserap tanaman karet tidak mempengaruhi kualitas lateks yang dihasilkan, kecuali Mg yang dapat mempengaruhi kelenturan karet olahan. Namun pada lahan bekas tambang kandungan unsur Mg rendah.



Gambar 4. Lahan bekas tambang
Figure 4. Abandoned mined land

Sifat kimia kompos

Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa kompos dengan pH lebih netral terdapat pada kompos yang berasal dari kotoran hewan, sedangkan kompos yang berasal dari limbah pasar, limbah rumah tangga, dan sisa pembakaran bersifat lebih basa (pH.7). Kandungan K lebih tinggi terdapat pada kompos yang berasal dari limbah pasar dan rumah tangga, karena beragamnya asal limbah tersebut. Tidak hanya berasal dari tanaman tetapi juga terdapat produk olahan seperti kertas, sisa makanan dan sebagainya. Sedangkan kompos yang berasal dari kotoran hewan dan sisa pembakaran lebih seragam yaitu dari tanaman. Kandungan P yang lebih tinggi juga terdapat pada kompos yang berasal dari limbah pasar dan rumah tangga, yang rendah terdapat pada kompos yang berasal dari sisa pembakaran. Rendahnya kandungan P pada kompos yang berasal dari sisa pembakaran karena pembakaran akan menyebabkan kandungan P menguap ke udara. Sedangkan untuk N, persentase tertinggi diperoleh dari kompos yang berasal dari limbah rumah tangga mencapai 0,1%, kompos dari kotoran hewan sebesar 0,06%, lebih rendah dibandingkan kompos yang berasal dari limbah pasar. Persentase N terendah diperoleh dari kompos yang berasal dari sisa pembakaran, karena N mudah menguap apalagi dibakar. Limbah pasar dan limbah rumah tangga selain mempunyai kandungan NPK yang lebih tinggi, juga mempunyai kandungan logam berat yang lebih besar dan pH yang lebih basa (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat kimia beberapa jenis kompos
 Table 2. Chemical characteristics of a number of compost types

Parameter	Jenis kompos			
	Limbah pasar	Limbah rumah tangga	Kotoran hewan	sisa pembakaran
pH	7,53	7,4	6,2	7,23
K cmol	1,11	1,35	0,21	0,27
(+)/kg	36,03	41,67	16,37	5,03
P tersedia	0,09	0,1	0,06	0,01
ppm	171	176,67	13	5,33
N (%)				
Pb (ppm)				

Sumber: Ferry *et al* (2010)

Source: Ferry *et al* (2010)

Mikroorganisme tanah

Mikroorganisme dalam tanah sangat beraneka ragam. Bakteri, cendawan, Actinomycetes, dan ganggang. Mikroorganisme tanah tersebut membantu pembentukan struktur tanah yang kokoh karena sekresi yang dihasilkan mikroorganisme tanah dapat menjadi zat perekat yang tidak mudah larut dalam air. Fungi dan Actinomycetes 17 kali lebih efisien dalam pembentukan struktur tanah dibandingkan dengan bakteri. Tetapi bakteri mempunyai fungsi penting lain yang bermanfaat bagi tanaman. Bakteri Autotroph mendapat energi dari oksidasi amonia, nitrit; S, Fe, Mn, H dan CO dan mengubah senyawa-senyawa yang kurang bermanfaat menjadi senyawa-senyawa yang lebih mudah diserap akar tanaman, seperti nitrit menjadi nitrat, sulfida menjadi sulfat dan sebagainya. Bakteri Heterotroph dapat mengikat N dari udara. Bakteri yang dapat mengikat N dan bersimbiose dengan tanaman adalah Rhizibium yang terdapat pada bintil-bintil akar leguminosa. Bakteri yang tidak bersimbiosis tetapi dapat mengikat N dari udara adalah Clostridium yang berkembang pada tanah dengan drainase buruk dan asam, Azotobakter berkembang pada tanah dengan drainase baik dan bereaksi netral. Bakteri-bakteri tersebut dapat mengikat N sebesar 28-56 kg/ha/tahun (Donahue, *et al*, dalam Hardjowigeno, 2010). Sedangkan bakteri yang tidak dapat mengikat N dari udara bertanggung jawab dalam dekomposisi bahan organik.

Mikroorganisme lainnya seperti cendawan (fungi) selain bersifat parasit dan menimbulkan penyakit juga bersifat saprofitik dan simbiotik. Fungi yang bersifat simbiotik hidup pada perakaran tanaman di mana tanaman maupun fungi saling menguntungkan. Mikoriza adalah jamur yang berasosiasi simbiotik dengan akar tanaman, mikoriza membantu tanaman menyerap unsur hara tertentu. Mikoriza menumpang hidup pada perakaran, sedangkan perakaran dengan adanya mikoriza dapat meningkatkan absorpsi air dan unsur hara juga berperan sebagai penghalang biologi terhadap infeksi pada akar, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan (Setiadi, 1997), meningkatkan produksi hormon tumbuh (auxin), dan menjamin terselenggaranya proses biogeokermis (Subiksa, 2002). Mikoriza telah banyak digunakan, misalnya penggunaan rhizobium pada penanaman kedelai untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara nitrogen, mikorhiza arbuskulata pada lahan pasir untuk meningkatkan daya menghisap air, dan lain sebagainya.

Sifat kimia dan fisik mineral liat

Mineral liat adalah mineral yang berukuran kecil dari 2 mikron, terbentuk dari rekristalisasi dari senyawa-senyawa hasil pelapukan mineral-mineral primer dan perubahan langsung dari mineral primer yang tersedia (Hardjowigeno, 2010). Mineral liat silikat mempunyai kapasitas tukar kation tinggi, tetapi dapat memfiksasi P dengan kuat. Tanah yang banyak mengandung mineral liat silikat terasa licin bila dipirid dan umumnya mempunyai *bulk density* yang rendah. Sedangkan mineral liat oksida Fe dan Al banyak terdapat pada tanah-tanah tua di daerah tropis misalnya tanah Oksisol. Mineral liat oksida mempunyai kapasitas tukar kation rendah, oksida Fe sering bermuatan positif dan dapat melakukan fiksasi P dengan kuat melalui pertukaran amnion.

Sifat kimia tanah tailing kuarsa setelah pembenahan dengan kompos

Sifat kimia tanah bekas tambang mengalami perubahan sesuai dengan bahan kompos yang digunakan. Keasaman tanah

umumnya mengalami kenaikan mendekati agak basa kecuali kompos yang berasal dari kotoran hewan yang lebih netral, kandungan K juga mengalami kenaikan kecuali tanah yang diberi kompos dari kotoran hewan yang cenderung tetap, Unsur P mengalami peningkatan sangat tajam kecuali penggunaan kompos dari sisa pembakaran bahan organik yang hanya mencapai 5,06 ppm. Unsur N juga mengalami kenaikan 3 sampai 5 kali lipat dari semula, hanya kompos yang berasal dari sisa pembakaran yang kandungan unsur hara N nya yang mengalami penurunan sebanyak 50% (Tabel 3). Hal ini terjadi karena kandungan kompos dari pembakaran mempunyai kandungan N yang rendah, yang menguap akibat pembakaran tersebut. Namun menggunakan kompos dari kotoran hewan dan sisa pembakaran dapat menurunkan kandungan logam berat masing-masing sebesar 38,05% dan 74,62%, sedangkan kompos yang berasal

dari limbah pasar dan rumah tangga malah menyebabkan kandungan logam berat meningkat hingga delapan kali lipat (Tabel 4). Peningkatan logam berat pada penggunaan kompos yang berasal dari limbah pasar dan limbah rumah tangga karena kedua limbah tersebut berisi bermacam-macam limbah tidak hanya limbah organik tetapi juga anorganik seperti baterai, pestisida, dan sebagainya, apalagi limbah pasar di kota besar.

Usaha pembenahan tanah agar produktif merupakan usaha konservasi untuk memperbaiki tanah yang rusak agar dapat dimanfaatkan kembali. Salah satu usaha dasar dalam konservasi tanah dan air adalah menggunakan tanah sesuai dengan kemampuannya. Pemberian bahan organik dapat mempengaruhi kekokohan struktur tanah sehingga tahan terhadap pengaruh kerusakan tanah seperti erosi.

Tabel 3. Karakter sifat kimia tanah bekas tambang timah setelah penggunaan kompos
Table 3. *Chemical characteristics of mined land after compost application*

Parameter	Limbah pasar		limbah rumah tangga		Kotoran Hewan		Sisa Pembakaran	
	Awal	Sesudah	Awal	Sesudah	awal	Sesudah	Awal	Sesudah
pH	5,1	7,53	5,1	7,4	5,1	6,2	5,1	7,23
K	0,04	1,11	0,04	1,25	0,04	0,21	0,02	0,27
P	0,2	36,05	0,2	41,69	0,2	16,37	0,2	5,06
N	0,02	0,093	0,02	0,1	0,02	0,06	0,02	0,01
Pb	21	171	21	176,67	21	13	21	5,33

Sumber : Ferry *et al* (2010)

Source: Ferry *et al* (2010)

Pembenahan tanah bekas tambang merupakan usaha untuk menjadikan tanah tersebut layak digunakan sebagai lahan budidaya tanaman karet. Bahan organik tidak hanya berfungsi memperbaiki sifat kimia tetapi juga sifat fisik tanah. Bahan organik berfungsi memperbaiki pori-pori tanah, memperkecil pori tanah pada lahan bekas tambang yang bertekstur pasir, sehingga tanah pasir tersebut mampu menahan air agar tidak merembes (infiltrasi) ke lapisan bawah. Tanah pasir yang berstruktur lepas akan lebih padat dengan pemberian bahan organik. Selain itu bahan organik juga dapat menambah kesuburan tanah

dan meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah yang menguntungkan tanaman.

Pengaruh perbaikan tanah bekas tambang juga berpengaruh terhadap tanaman karet. Rusli dan Ferry (2016) melaporkan bahwa pembenahan tanah berkadar pasir tinggi pada tanah lahan bekas tambang timah dengan menggunakan kompos dari kotoran hewan, menghasilkan pertumbuhan tanaman karet yang lebih tinggi, pertumbuhan karet yang sama dapat diperoleh dengan pembenahan tanah menggunakan campuran kompos dan tanah liat. Sedangkan tanpa pembenahan tanah tanaman karet akan tumbuh kerdil.

Pertumbuhan tanaman karet lebih baik lagi jika diberikan pupuk hayati mikoriza dengan dosis 100 g/tanaman/tahun.

Sifat fisik dan kimia tanah bekas tambang batu bara setelah perlakuan

Pembenahan tanah dengan bahan organik yang berasal dari beberapa jenis tanaman pada beberapa model penanaman dapat memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah bekas tambang batu bara. Tanah yang mulanya bertekstur liat menjadi lebih berimbang terutama untuk debu dan liat walaupun masih dalam kategori bertekstur liat. Sedangkan untuk kimia tanah terlihat angka pH yang lebih netral dari pada pH awal yang masam. Kandungan nitrogen pun mengalami peningkatan yang cukup tajam.

Tabel 4. Sifat fisik dan kimia tanah bekas tambang batu bara setelah ditanami beberapa model penanaman.

Table 4. Physican and chemical characteristics of coal mined land after planting

No.	Parameter	Kandungan
a.	Sifat fisik	
	Kadar pasir	16
	Kadar debu	35
	Kadar liat	49
	Kelas tekstur	Liat
b.	Sifat kimia	
	pH	5,8
	Kadar N total (%)	0,35
	P tersedia (Bray I)(ppm)	0,1
	K tersedia (cmol(+). Kg ⁻¹)	0,04
	Tibal (Pb) (ppm)	12

Sumber : Ferry et al (2016).

Source: Ferry et al (2016).

Tanah liat yang tinggi biasanya diikuti oleh kadar Al dan Fe yang tinggi yang dapat mengikat unsur hara P dan K di dalam tanah. Penambahan pasir pada tanah berliat tinggi akan mengurangi kepadatan tanah dengan pori-pori yang lebih besar sehingga daya meresap air

dan aerasi lebih baik. Pasir dapat diperoleh di daerah penambangan pasir di sungai. Untuk mikoorganisme saat ini telah tersedia pupuk hayati seperti mikoriza, bakteri pengurai K, P, N dan sebagainya.

Biopori adalah lubang yang dibuat dengan sengaja disekitar batang tanaman, ukuran diameter lebih kurang 10 cm dan kedalaman sampai 100 cm. Biopori berfungsi untuk meningkatkan serapan air ke dalam tanah dan mengurangi aliran air permukaan yang dapat menyebabkan erosi. Pembuatan biopori disekitar tanaman kemiri sunan yang diisi dengan kompos menghasilkan pertumbuhan kemiri sunan sangat baik. Karena masih satu genus dengan Kemiri sunan (genus eforbia atau karet-karetan), maka diduga respons tanaman karet pun akan sama dengan kemiri sunan.

TEKNIK BUDIDAYA KARET DILAHAN BEKAS TAMBANG

Lahan Bekas Tambang Timah

Persiapan lahan

Persiapan lahan pada pemanfaatan lahan bekas tambang timah antara lain dengan melakukan perataan lahan, penimbunan telaga-telaga yang berukuran kecil, dan pengaturan kemiringan agar tidak lebih dari 15%. Telaga yang berukuran besar dibiarkan untuk dijadikan sumber air penyiraman tanaman di musim kemarau. Lapisan pirit yang terbongkar sewaktu penambangan dimasukkan kembali ke dalam telaga-telaga tersebut agar tidak menjadi racun bagi tanaman. Tanaman liar yang tumbuh dan tidak mengganggu letak lubang tanaman dan tanaman utama sebaiknya dibiarkan sampai tanaman tumbuh sempurna dan saling menutupi. Fungsi tanaman liar tersebut untuk menciptakan iklim mikro yang lebih sesuai. Pembersihan dari tanaman perlu dilakukan jika akan ditanami dengan tanaman sela.

Pengajiran dan lubang tanam

Pengajiran dilakukan untuk memastikan bahwa jarak tanam lurus dan sesuai dengan yang dikehendaki. Jarak tanam yang digunakan dianjurkan 2 x 10 m dengan sistem tanam segi empat, jarak tanam tersebut selain tidak

mengurangi populasi juga memberi ruangan lebih luas untuk penanaman tanaman sela yang bernilai ekonomi. Sedangkan untuk lubang tanam dibuat dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm, kemudian tanah galiannya dicampur dengan 40% kompos atau campuran kompos dan tanah liat masing-masing 20%, selanjutnya dimasukkan kembali ke dalam lubang sehingga tertutup kembali. Biarkan lubang yang telah ditutup selama seminggu untuk memberikan kesempatan kompos dan tanah liat menyatu dengan tanah pasir.

Penanaman

Setelah seminggu, dapat dilakukan penanaman bibit karet dengan menggali kembali lubang dengan ukuran sama dengan ukuran polybag pada bibit karet. Penanaman dilakukan dengan merobek dasar polybag dengan pisau kemudian bibit dimasukkan ke dalam lubang dan tarik polybag secara perlahan-lahan ke atas hingga keseluruhan polybag pada bibit terlepas, jangan sampai dasar polybag tidak terlepas dari bibit karena dapat menghambat pertumbuhan bibit karet. Tanah disekitar tanaman karet dipadatkan agar tanaman tidak mudah tumbang, dan permukaan tanahnya ditinggikan agar air tidak tergenang disekitar batang tanaman tersebut.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyulaman, pemberian mulsa untuk mengantisipasi kemarau, pemupukan dan pembuatan biopori.

Penyulaman

Penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman yang mati atau tumbuh kerdil, dilakukan seminggu setelah penanaman. Bibit yang digunakan untuk penyulaman umurnya sama dengan bibit yang ditanam, oleh sebab itu kebutuhan bibit penanaman harus termasuk bibit untuk penyulaman. Pada penyulaman, penanaman bibit langsung dilakukan pada

lubang bekas tanaman yang mati/kerdil, jika matinya tanaman tersebut disebabkan oleh penyakit maka penyulaman ditunda terlebih dahulu. Lakukan pencucian hama dan penyakit terhadap lubang tersebut, dengan cara menggali lubang kembali. Selanjutnya tanah galian dan lubang diberi belerang dan biarkan lubang terbuka selama satu minggu. Kemudian lubang ditutup dan seminggu kemudian baru ditanam tanaman sulaman.

Pemberian mulsa

Pemberian mulsa dilakukan pada awal musim kemarau untuk mengurangi penguapan air dari tanah. Mulsa dapat berasal dari sarasah tanaman yang tumbuh disekitar areal atau guguran daun karet dan limbah sampah.

Pemupukan

Pemupukan sangat penting terhadap tanaman karet di lahan tailing kuarsa bekas tambang timah. Dosis yang diberikan lebih tinggi 25% dibandingkan dengan tanaman karet di tanah mineral lainnya dan ditambah dengan mikoriza dengan dosis 100g/tanaman/tahun untuk meningkatkan daya serap tanaman terhadap unsur hara. Jarak waktu pemberian pupuk anorganik dengan mikoriza selama 3 bulan. Pemupukan diberikan 2 kali setahun yaitu awal dan akhir musim hujan, dengan dosis masing-masing setengah dari dosis yang telah ditentukan seperti pada Tabel 5.

Selain pupuk anorganik juga diberikan pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang. Dosis pupuk organik yang diberikan sebanyak 10 kg/tanaman/tahun yang diberikan bersamaan dengan pemberian mikoriza, pupuk organik berfungsi juga sebagai makanan bagi mikoriza untuk berkembang lebih baik, menahan air dan mengikat unsur hara agar tidak mudah terbawa air.

Tabel 5. Dosis pupuk tanaman karet di lahan bekas tambang timah (tailing kuarsa)

Table 5. Fertilizer dose for rubber in tin mined land

Umur tanaman (Tahun)	Urea (g/tanaman)	SP 36 (g/tanaman)	MoP (g/tanaman)	Kieserite (g/tanaman)
1				
2	440	325	280	95
3	470	325	280	125
>4	470	325	280	125

Sumber : Ferry *et al* (2010)Source: Ferry *et al* (2010)

Pembuatan biopori

Biopori adalah lubang yang sengaja dibuat untuk meningkatkan resapan air ke dalam tanah, dengan demikian aliran air permukaan akan berkurang dan persediaan air dalam tanah akan meningkat. Biopori tersebut kemudian diisi dengan bahan organik agar tidak mudah tertutup oleh pasir yang mudah terbawa air waktu hujan. Bahan organik tersebut selain dapat meningkatkan daya tanah menahan air juga menjaga kelembaban tanah. Biopori berukuran diameter 10 cm dan kedalaman 100 cm dengan jumlah satu biopori/tanaman/tahun.

Penanaman tanaman sela jagung

Persiapan lahan

Persiapan lahan untuk penanaman tanaman sela dilakukan dengan meratakan areal diantara gawangan tanaman utama (karet), semua tanaman liar dibersihkan dan sarasahnya dibenam untuk menambah bahan organik tanah. Jika yang akan ditanam sebagai tanaman sela adalah jagung, maka tanah tersebut diberi pupuk organik (pupuk kandang) sebanyak 20 ton/ha, pemberian pupuk kandang dilakukan dalam larikan tanaman jagung dan dicampur secara merata. Jarak larikan disesuaikan dengan jarak tanam jagung yaitu 75 cm untuk jarak tanam 25 x 75 cm.

Penanaman

Penanaman dilakukan dengan cara ditugal menggunakan tugal dari kayu berdiameter 2-3 cm yang diruncingkan, dalam tugal 3 cm dengan jarak tanam 25 x 75 cm dan setiap lubang tugal dimasukan 1 butir benih jagung. Kemudian lubang tersebut ditutup dengan tanah. Penanaman sebaiknya pada pertengahan

musim hujan, agar panen dapat dilakukan pada akhir musim hujan atau awal musim kemarau. Selanjutnya dapat ditanami dengan tanaman kacang tanah sebagai pergiliran tanaman sela.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyulaman, pemupukan, pengendalian hama / penyakit, penyiraman, penyiangan dan pembumbunan.

Penyulaman dilakukan 5 hari setelah tanam. Benih yang tidak tumbuh langsung disulam dengan penugalan ulang supaya pertumbuhannya tidak jauh berbeda dengan tanaman sebelumnya. Benih yang digunakan sebagai penyulam sama dengan yang ditanam awal. Penyulaman dilakukan untuk menjaga keoptimalan penggunaan lahan dan efisiensi pemeliharaan tanaman.

Pemupukan tanaman jagung dilakukan pada saat tanaman berumur 5 hari, dimana tanaman jagung baru tumbuh dan mempunyai 3-5 helai daun. Jenis pupuk yang diberikan adalah pupuk urea dengan dosis sesuai dengan dosis yang ditentukan. Pemupukan selanjutnya dilakukan pada umur 1, 2 bulan setelah tanam dengan pupuk lengkap NPK, baik pupuk majemuk atau pupuk tunggal, dengan dosis sesuai dengan rekomendasi.

Pengendalian hama/penyakit, dilakukan setiap minggu dengan menggunakan insektisida dan fungisida secara bergiliran. Penyemprotan dengan insektisida untuk mengendalikan hama terutama seksava, sedangkan fungisida untuk mengendalikan penyakit bulai yang banyak menyerang tanaman jagung. Dosis yang digunakan disesuaikan dengan rekomendasi setempat dan besarnya potensi serangan.

Penyiraman, dilakukan jika tidak turun hujan selama 3 hari berturut-turut, terutama

pada tanaman umur muda (<50 hari). Penyiraman dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pompa dengan *sprinkler* jika areal tanaman jagung cukup luas dan dapat atau gembor untuk lahan yang lebih sempit. Sumber air yang digunakan adalah air pada telaga bekas tambang yang telah sehat atau air sungai, waduk, embung dan sebagainya.

Penyiangan, terutama jika tanaman pengganggu sampai menutupi tanaman jagung yang berumur muda (<30 hari), dapat dilakukan dengan menggunakan cangkul dan dikerjakan bersamaan dengan pembumbunan, sarasah tanaman pengganggu dibenam diantara tanaman jagung dan ditutup dengan tanah sewaktu membumbun. Penyiangan, pemupukan dan pembumbunan dilakukan secara berurutan agar pekerjaan lebih efektif dan pupuk dapat dibenam dalam tanah bumbunan.

Pembumbunan, dilakukan setelah penebaran pupuk di dalam larikan. Tanah di antara barisan dan sarasah yang diperoleh sewaktu penyiangan ditumbunkan ke larikan pada baris tanaman jagung, sehingga terjadi gludan pada barisan tanaman setinggi hampir 20 cm. Pembumbunan dilakukan sejalan dengan kegiatan penyiangan dan pemupukan.

Panen

Panen dilakukan pada umur tanaman jagung mencapai 120 hari, seminggu sebelum dipanen kelobot jagung pada batang dikupas dan batang bagian atas dari tongkol jagung dipangkas. Hal tersebut dilakukan agar kadar air pada butiran jagung lebih cepat berkurang. Pangkasan batang jagung dan daunnya dibenam ke dalam tanah diantara gawangan tanaman karet atau tanaman jagung. Berangkas tanaman jagung tersebut merupakan bahan organik yang dapat memperbaiki tekstur dan struktur tanah bekas tambang timah. Diperkirakan diperoleh hampir 40 ton/ha berangkas batang dan jagung setiap kali panen.

Lahan Bekas Tambang Batu Bara

Persiapan lahan

Persiapan lahan pada pemanfaatan lahan bekas tambang batu bara antara lain dengan melakukan perataan lahan, penimbunan telaga-

telaga yang berukuran kecil, dan pengatur kemiringan jangan lebih dari 15%, untuk kemiringan >15% dengan membuat teras-teras bangku. Telaga yang berukuran besar dibiarkan untuk dijadikan sumber air penyiraman tanaman dimusim kemarau. Lapisan pirit yang terbongkar sewaktu penambangan dimasukan kembali ke dalam telaga-telaga tersebut agar tidak menjadi racun bagi tanaman. Untuk menghindari air tergenang dibuat parit-parit drainase dengan jarak 50 m, ukuran lebar 20 cm dan dalam 30 cm sedangkan panjang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Pengajiran dan lubang tanam

Pengajiran dilakukan untuk memastikan bahwa jarak tanam lurus dan sesuai dengan yang dikehendaki. Jarak tanam yang digunakan dianjurkan 2 x 10 m dengan sistem tanam segi empat, jarak tanam tersebut selain tidak mengurangi populasi juga memberi ruangan lebih luas untuk penanaman tanaman sela yang bernilai ekonomi. Sedangkan untuk lubang tanam dibuat dengan ukuran 40 x 40 x 40 cm, kemudian tanah galiannya dicampur dengan 40 % kompos dan kapur pertanian sebanyak 1 kg per lubang, selanjutnya dimasukan kembali ke dalam lubang sehingga lubang tertutup kembali. Biarkan lubang yang telah ditutup selama seminggu untuk memberikan kesempatan kompos dan kapur bercampur dengan tanah liat.

Penanaman

Setelah seminggu pembuatan lubang dapat dilakukan penanaman bibit karet dengan kembali menggali lubang dengan ukuran sama dengan ukuran polybag pada bibit karet. Penanaman dilakukan dengan merobek dasar polybag dengan pisau kemudian bibit dimasukkan ke dalam lubang dan tarik polybag secara perlahan-lahan ke atas hingga keseluruhan polybag pada bibit terlepas, jangan sampai dasar polybag tidak terlepas dari bibit karena dapat menghambat pertumbuhan bibit karet. Tanah disekitar tanaman karet dipadatkan agar tanaman tidak mudah tumbang, dan permukaan tanahnya ditinggikan agar air tidak tergenang disekitar batang tanaman tersebut.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyulaman, pemberian mulsa untuk mengataisipasi kemarau, pemupukan dan pembuatan biopori.

Penyulaman

Penyulaman dilakukan untuk mengganti tanaman yang mati atau tumbuh kerdil, penyulaman dilakukan seminggu setelah penanaman. Bibit yang digunakan untuk penyulaman umurnya sama dengan bibit yang ditanam, oleh sebab itu kebutuhan bibit penanaman harus termasuk bibit untuk penyulaman. Penyulaman bibit langsung dilakukan pada lubang bekas tanaman yang mati/kerdil, jika matinya tanaman tersebut disebabkan oleh penyakit maka penyulaman ditunda terlebih dahulu. Lakukan pencucian hama dan penyakit terhadap lubang tersebut, dengan cara menggali lubang kembali, tanah galian dan lubang diberi belerang, selanjutnya biarkan lubang terbuka selama satu minggu. Kemudian lubang ditutup dan seminggu kemudian baru ditanam tanaman sulaman.

Pemupukan

Pemupukan sangat penting terhadap tanaman karet di lahan bekas tambang batu bara. Dosis yang diberikan sesuai dengan rekomendasi, untuk meningkatkan daya absorpsi tanaman terhadap unsur hara diberikan pupuk hayati mikorhiza dengan dosis 100 g/tanaman/tahun. Jarak waktu pemberian pupuk anorganik dengan mikorhiza selama 3 bulan. Pemupukan diberikan 2 kali setahun yaitu awal dan akhir musim hujan, dengan dosis masing-masing setengah dari dosis yang telah ditentukan seperti pada tabel 5.

Selain pupuk anorganik juga diberikan pupuk organik seperti kompos atau pupuk kandang. Dosis pupuk organik yang diberikan sebanyak 10 kg/tanaman/tahun yang diberikan bersamaan dengan pemberian mikoriza, pupuk organik berfungsi juga sebagai makanan bagi mikoriza untuk berkembang lebih baik, menahan air dan mengikat unsur hara agar tidak mudah leaching.

Tabel 5. Dosis pupuk tanaman karet di lahan bekas tambang batu bara

Table 5. Fertilizer dose for rubber in coal mined land

Umur tanaman (Tahun)	Urea (g/tanaman)	SP 36 (g/tanaman)	MoP (g/tanaman)	Kiestrite (g/tanaman)
1 tahun				
2 tahun	350	325	280	95
3 tahun	470	325	280	125
>4 tahun	470	325	280	125

Sumber : Ferry *et al* (2014)

Source: Ferry *et al* (2014)

Pembuatan biopori

Biopori adalah lubang yang sengaja dibuat untuk meningkatkan resapan air ke dalam tanah, dengan demikian aliran air permukaan akan berkurang dan persediaan air dalam tanah akan meningkat. Biopori tersebut kemudian diisi dengan bahan organik agar akar dapat menembus padat pada tanah bekas tambang batu bara akibat penggunaan alat berat dalam penimbunannya. Diameter biopori 10 cm dan kedalaman 100 cm dengan jumlah satu biopori/tanaman/tahun.

Penanaman tanaman sela seraiwangi

Persiapan lahan

Persiapan lahan untuk penanaman tanaman seraiwangi dilakukan dengan meratakan areal diantara gawangan tanaman karet, semua tanaman liar dibersihkan dan sarasahnya dibenam untuk menambah bahan organik tanah. Lakukan pengolahan tanah agar tanah menjadi gembur dan batuan yang berserakan disingkirkan ke pinggir areal. Demikian juga dilakukan pada areal yang telah dibentuk menjadi teras-teras.

Penanaman

Penanaman dilakukan dengan cara membuat lubang tanam berukuran 20 x 20 x 20 cm dengan menggunakan cangkul. Tiap lubang diberi pupuk kandang 0,5 – 1 kg dan dicampur dengan merata dengan tanah galian lubang. Jarak tanam seraiwangi 1 x 1 m. Penanaman sebaiknya pada awal musim hujan, agar tanaman yang baru ditanam mendapat air sesuai dengan kebutuhannya.

Pemeliharaan

Pemeliharaan meliputi penyulaman, pemupukan, pengendalian hama / penyakit, penyiraman, penyiangan dan pembumbunan. Penyulaman dilakukan 7 hari setelah tanam, benih yang tidak tumbuh langsung disulam, karena jika terlambat pertumbuhan tanaman sulaman akan tertinggal dibandingkan dengan tanaman awal. Benih yang digunakan sebagai penyulam sama dengan yang ditanam awal. Penyulaman dilakukan agar populasi tanaman per hektar tetap optimum dan mengifisienkan pemeliharaan seperti penyiangan dan lain-lain. Pemupukan tanaman seraiwangi dilakukan pada saat tanaman berumur 1 bulan, dimana tanaman seraiwangi telah mulai tumbuh dan mempunyai 5 helai daun. Jenis pupuk yang diberikan pupuk urea dengan dosis sesuai dengan dosis yang ditentukan. Pemupukan selanjutnya dilakukan pada umur 2 bulan setelah tanam dengan pupuk lengkap NPK, baik pupuk majemuk atau pupuk tunggal, dengan dosis sesuai dengan rekomendasi.

Pengendalian hama/penyakit, dilakukan setiap bulan dengan menggunakan insektisida dan fungisida secara bergiliran. Dosis yang digunakan disesuaikan dengan rekomendasi setempat dan besarnya intensitas serangan.

Penyiraman, dilakukan jika tidak turun hujan selama 3 hari berturut-turut, terutama pada tanaman umur muda (<50 hari). Penyiraman dapat dilakukan dengan menggunakan mesin pompa dengan springker jika areal tanaman jagung cukup luas dan dapat dengan menggunakan gembor untuk lahan yang lebih sempit. Sumber air yang digunakan dapat air pada telaga bekas tambang yang telah sehat atau air sungai, waduk, embung dan sebagainya.

Penyiangan, terutama jika tanaman pengganggu sampai menutupi tanaman seraiwangi umur muda (<30 hari). Penyiangan dapat dilakukan dengan menggunakan cangkul dan dikerjakan bersamaan dengan pembumbunan, sarasah tanaman pengganggu dibenam diantara tanaman seraiwangi dan ditutup dengan tanah sewaktu membumbun. Penyiangan, pemupukan dan pembumbunan dilakukan secara berurutan agar pekerjaan lebih efektif dan pupuk dapat dibenam dalam tanah bumbunan.

Pembumbunan, dilakukan setelah penebaran pupuk di dalam larikan. Tanah diantara barisan dan sarasah yang diperoleh sewaktu penyiangan ditumbunkan pada piringan tanaman sehingga aterbentuk bumbunan setinggi hampir 20 cm. Pembumbunan dilakukan sejalan dengan kegiatan penyiangan dan pemupukan.

Panen

Panen dilakukan pada umur 6 bulan tanaman seraiwangi telah dapat dipanen, panen dilakukan dengan pemotong rumpun batang seraiwangi pada ketinggian 10 cm dari permukaan tanah, panen selanjutnya dilakukan setiap 3 bulan. Hasil berangkasan seraiwangi lalu disuling untuk mendapatkan minyak seraiwangi. Sedangkan ampas sisa penyulingan dibenamkan diantara barisan tanaman seraiwangi menjadi kompos untuk memperbaiki tekstur dan struktur tanah.

Diperkirakan diperoleh hampir 80 ton/ha ampas berangkasan seraiwangi per tahun (2-3 kali panen).

Keragaan Tanaman Karet

Hasil pengamatan tanaman karet klon PB260 pada lahan bekas tambang di Kecamatan Ambalut, Kabupaten Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur menunjukkan pertumbuhan tanaman karet yang cukup baik. Pada umur 3 tahun ukuran lingkaran batang sebesar 30 cm (KK 30%), ukuran tersebut tidak jauh berbeda dengan ukuran tanaman karet pada umur yang sama di lahan pada umumnya. Lingkaran batang pada ketinggian 1 (satu) meter untuk tanaman karet yang pertumbuhannya baik sekitar 33,12 cm, agak baik sekitar 30,36 cm

dan normal 27,60 cm. Jika pertumbuhan tanaman karet di lahan bekas tambang batu bara tersebut konstan 0,83 cm/bulan, maka lingkaran batang sebesar 45 cm akan dicapai pada umur tanaman 4,5 tahun (54 bulan). Pada tanaman karet yang pertumbuhannya baik ukuran lilit batang sebesar 45 cm dicapai pada umur 50 bulan, artinya penanaman karet di lahan bekas tambang batu bara pertumbuhannya lebih lambat selama 4 bulan dibandingkan dengan tanaman karet yang baik, dibandingkan dengan tanaman karet yang normal, pertumbuhannya lebih cepat selama 6 bulan. Lilit batang sebesar 45 cm pada ketinggian 100 cm di atas permukaan tanah merupakan ukuran batang tanaman karet mulai dapat disadap.

Pembenahan tanah pada lahan bekas tambang batu bara untuk budi daya tanaman karet dilakukan dengan, (1) pemberian kapur pertanian untuk meningkatkan pH tanah, (2) pemberian bahan organik untuk memperbaiki tekstur dan aerasi tanah, dan (3) membuat resapan air untuk memperlambat aliran permukaan.

Pemberian kapur pertanian dilakukan sebelum penutupan lubang tanam, cara pemberian dengan mencampur secara merata antara tanah bekas galian lubang dengan kapur pertanian sebanyak 2 kg/lubang dan pupuk kandang sebanyak 10kg/lubang. Kemudian lubang ditutup dan dibiarkan selama 2 minggu, selanjutnya baru dilakukan penanaman bibit. Pemberian bahan organik selanjutnya dilakukan setelah tanaman mulai tumbuh dan berkembang sekitar umur 6 bulan, diberikan dengan membuat rorak-rorak atau biopori disekitar perakaran tanaman. Rorak berukuran 1 x 2 x 0,5 meter, dibuat 1 rorak untuk empat tanaman karet, kemudian orak diisi dengan bahan organik yang berasal dari berangkas gulma, daun yang gugur dan bahan organik yang terdapat disekitar lahan. Jika rorak telah penuh, rorak ditutup dengan tanah dan dibuat rorak baru ditempat yang lain, kemudian diisi dengan bahan organik. Alternatif lain cara pemberian bahan organik adalah dengan membuat biopori, biopori dibuat dengan menggunakan mesin bor biopori. Setiap tanaman dibuat 2 biopori sedalam 0,5 meter, dan setiap biopori diisi dengan bahan organik sama seperti rorak.

Setelah biopori penuh dengan bahan organik kemudian ditutup, selanjutnya dibuat biopori baru pada arah yang lain pada lingkaran batang. Sedangkan lubang resapan air dibuat juga dengan menggunakan mesin bor biopori dengan ke dalam >1 meter, namun letak lubang resapan disesuaikan dengan arah aliran air, agar air masuk ke dalam lubang resapan. Air tersebut dapat dijadikan cadangan kebutuhan air untuk tanaman pada musim kemarau. Banyaknya lubang resapan tergantung derasness aliran permukaan, makin tinggi tingkat kemiringan, makin deras aliran permukaan, makin banyak pula jumlah lubang resapan dibuat, dan sebaliknya.

Pemanfaatan lahan bekas tambang batu bara sebagai lahan budi daya tanaman karet, selain untuk mereklamasi lahan marginal juga untuk dapat mengurangi persaingan komoditi dalam menggunakan lahan pertanian yang semakin sempit. Di beberapa daerah banyak lahan karet yang telah dikonversi menjadi lahan komoditi lain seperti kelapa sawit, kakao, dan lain-lain

Lahan Bekas Tambang Timah

Tanaman karet pada tanah tailing kuarsa yang diberi kompos 40% dan dipupuk dengan dosis 125% rekomendasi + mikoriza, atau kompos 20% + tanah liat 20% dengan dosis pupuk 125% + mikoriza, menghasilkan pertumbuhan tanaman karet tertinggi dan terbesar diameter batangnya. Sedangkan tanaman karet pada tanah tailing kuarsa yang tidak diberi pembenah tanah, akan tumbuh kerdil walaupun dipupuk dengan dosis 125% + mikoriza. Hal ini menunjukkan bahwa tanah tailing kuarsa tidak dapat digunakan sebagai lahan penanaman karet apabila tidak dilakukan pembenahan tanah terlebih dahulu, pemberian pupuk tidak akan berarti tanpa pembenahan tanah, karena pupuk yang diberikan mudah tercuci.

Peran bahan pembenah tanah pada tanah tailing kuarsa sangat penting, jenis bahan pembenah tanah yang digunakan baik kompos atau tanah liat atau campuran keduanya tidak menjadi perbedaan. Walaupun ada kecenderungan penggunaan kompos menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik.

Tabel 2. Pengaruh kombinasi bahan pembenah tanah dan dosis pupuk terhadap tinggi, diameter, dan jumlah daun tanaman karet pada tanah tailing kuarsa umur 18 bulan setelah tanam (BST)

Table 2. The effect of amelioration materials and fertilizer application dose to the plant's height, diameter, and number of leaves of rubber in tailing (quartz) at 18 months after planting

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun (helai)
Kompos 40% + 125% + mikoriza	275.25	4.98	105.66
Tanah liat 40% + 125% + mikoriza	248.77	4.32	94.24
Kompos 20% + tanah liat 20% + 125% + mikoriza	268.88 a	4.52 ab	98.78 ab
Tanpa pembenah tanah + 125% + mikoriza	198.22 c	3.46 c	64.28 d

Sumber : Rusli dan Ferry (2016)

Source: Rusli dan Ferry (2016)

Bahan organik dapat berfungsi untuk memperbaiki tekstur tanah sehingga dapat menahan air dan meningkatkan kandungan hara serta mikroorganisme tanah (Atmojo, 2003). Pembenahan tanah dengan menggunakan tanah liat dapat meningkatkan kemampuan menahan air dan memperkecil pori tanah, walaupun tidak meningkatkan unsur hara tanah, tetapi berpengaruh baik pada tanaman karet yang ditanam pada tanah tailing kuarsa, karena tersedianya air. Sedangkan mengombinasikan tanah liat dengan kompos (20% +20%) cenderung menunjukkan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan tanah liat saja, hal tersebut menunjukkan bahwa pemberian kompos 20% dapat memberikan unsur hara pada tanaman karet sehingga tumbuh lebih baik.

Perbedaan utama antara koloid liat dengan koloid organik adalah dari unsur-unsur penyusunnya. Koloid liat tersusun dari Al, Si dan O, dan koloid organik (humus) tersusun dari C, H dan O. Humus bersifat amorf,

mempunyai kapasitas tukar kation lebih tinggi dari pada mineral liat dan lebih mudah dihancurkan (Hardjowigeno, 2010).

Pertumbuhan tanaman karet tertinggi terdapat pada pemberian pupuk dengan dosis 125% rekomendasi diberi atau tidak mikoriza. Sedangkan kalau dipupuk dengan dosis rekomendasi pertumbuhannya akan tertinggal. Hal ini menunjukkan bahwa dosis pupuk yang dibutuhkan tanaman karet yang ditanam pada tanah tailing kuarsa lebih tinggi, hal ini terjadi kemungkinan besar karena unsur hara yang tersedia akan mudah tercuci, terdapat kecenderungan jika diberi mikoriza akan lebih baik dibandingkan dengan tanpa mikoriza. Peran mikoriza antara lain dapat meningkatkan kemampuan akar dalam memanfaatkan air dan unsur hara dari dalam tanah.

Tanaman karet tertinggi dan diameter terbesar diperoleh pada penggunaan pembenah tanah kompos 20% + tanah liat 20% dan kompos 40% dengan tanaman sela jagung atau kangkung.

Tabel 3. Pengaruh bahan pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman karet pada tanah tailing kuarsa umur 18 bulan setelah tanam (BST)

Table 3. The effect of amelioration materials on rubber's growth in tailing (quartz) at 18 months after planting

Jenis pembenah tanah	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun (helai)
Kompos 40%	250,70	4,43	94,44
Tanah liat 40%	235,51	4,15	86,24
Kompos : tanah liat 20% : 20%	246,02	4,23	88,86
Tanpa pembenah tanah	168,48	3,27	55,71

Sumber : Rusli dan Ferry (2016)

Source: Rusli dan Ferry (2016)

Tabel 4. Pengaruh beberapa dosis pupuk terhadap pertumbuhan tanaman karet pada tanah tailing kuarsa umur 18 bulan

Table 4. The effect of fertilizer application doses on rubber's growth in tailing (quartz) at 18 months after planting

Dosis pupuk	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun (helai)
Dosis 100%	207,68 b	3,85 b	75,06 b
Dosis 100% + mikoriza	214,24 b	3,86 b	76,83 b
Dosis 125%	231,01 ab	4,05 ab	82,62 ab
Dosis 125% + mikoriza	247,78 a	4,32 a	90,74 a
KK (%)	11,94	11,84	8,80

Sumber : Rusli dan Ferry (2016)

Source: Rusli dan Ferry (2016)

Tabel 5. Pengaruh kombinasi bahan pembenah tanah dengan jenis tanaman sela terhadap pertumbuhan tanaman karet muda pada tanah tailing kuarsa umur 3 bulan setelah tanam (BST)

Table 5. The effect of amelioration materials with intercrop on rubber's growth in tailing (quartz) at 3 months after planting

Jenis pembenah tanah	Tinggi Tanaman (cm)	Diameter Batang (cm)	Jumlah Daun (helai)
Kompos 40%			
Tanaman Jagung	57,31 a	1,17 ab	18,17 a
Tanaman Kangkung	57,94 a	1,24 a	19,57 a
Tanah liat 40%			
Tanaman Jagung	53,63 bc	1,01 b	17,53 a
Tanaman Kangkung	56,96 ab	1,05 b	17,83 a
Kompos 20% + Tanah liat 20%			
Tanaman Jagung	56,15 a	1,12 a	18,16 a
Tanaman kangkung)	58,36 a	1,20 a	19,94 a
KK (%)	14,05	7,51	13,18

Sumber : Rusli dan Ferry (2016)

Source : Rusli dan Ferry (2016)

Sedangkan menggunakan bahan pembenah tanah liat baik dengan tanaman sela jagung maupun kangkung menunjukkan pertumbuhan yang lebih lambat. Bahan pembenah dari tanah liat hanya mampu menahan air tetapi tidak menyediakan unsur hara bagi tanaman karet, berbeda dengan kompos. Penggunaan tanah liat sebagai bahan pembenah tanah pada lahan tailing kuarsa untuk budidaya tanaman karet harus diikuti oleh pemberian pupuk, kombinasi antara bahan pembenah tanah liat dengan tanaman sela jagung atau kangkung tidak memberikan efek lebih baik terhadap pertumbuhan karet muda.

Pembenah tanah yang berasal dari campuran tanah dengan bahan organik, kompos

merupakan bahan yang lengkap, selain bahan tersebut dapat memperbaiki tekstur dan struktur tanah juga meningkatkan daya menahan air serta unsur hara tanah disekitar tanaman karet muda (Ferry *et al*, 2013; Adri & Firdaus, 2007; Nyak Pa, 2011). Sedangkan kombinasi dengan tanaman sela kangkung memberikan dampak yang positif terhadap lebih efektifnya pemberian pembenah tanah seperti mengurangi penguapan, penambahan bahan organik dan pengelolaan lahan.

Dari tanaman karet dewasa setiap tahun daun karet dapat menghasilkan 45-90 kg/ha N, 3-7 kg/ha P, 10-20 kg/ha K dan 9-18 kg/ha Mg, sehingga penanaman karet pada lahan tailing kuarsa dapat meningkatkan mutu tanah,

terutama pada lapisan 0-20 cm (Daras dan Towaha, J., 2012). Meningkatnya bahan organik tanah dan pemberian mikoriza memberikan pengaruh baik terhadap tanaman karet.

PENUTUP

Pertumbuhan tinggi tanaman diameter batang dan jumlah daun, tertinggi (275,25 cm), terbesar (4,98 cm) dan terbanyak (105,66 helai) tanaman karet di tanah tailing kuarsa diperoleh pada penggunaan bahan pembenah tanah dari kompos 40% dan dosis pupuk 125% rekomendasi + mikoriza. Bahan pembenah tanah yang terbaik adalah kompos, tanpa pemberian bahan pembenah tanah pemberian pupuk sampai 125% + mikoriza tidak mempengaruhi pertumbuhan tanaman karet. Sedangkan untuk kombinasi bahan pembenah tanah dengan tanaman sela, pertumbuhan tanaman karet terbaik diperoleh pada penggunaan pembenah tanah dari kompos 20% + tanah liat 20% dan dosis pupuk 125% rekomendasi + mikoriza, dengan tanaman sela kangkung atau jagung tidak berbeda nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Amriwansyah. 1990. Evaluasi dan deskripsi beberapa sifat fisik dan kimia tanah sebelum dan sesudah proses aktivitas penambangan timah di tiga lokasi unit penambangan timah Bangka (Tambang 24, 23 dan 45) . Wilayah produksi Pulau Bangka-Sumatera Selatan. Skripsi. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Adri dan Firdaus. 2007. Analisis Finansial Tumpangsari Jagung pada Perkebunan Karet Rakyat. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 20 hlm.
- Atmojo. S. W. 2003. Peranan C-organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. USM-Press. Surakarta.
- Ditjenbun. 2015. Statistik Perkebunan Indonesia : Karet. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta
- Ferry, Y., Pranowo, D., dan Rusli. 2013. Pengaruh tanaman sela terhadap pertumbuhan tanaman karet muda pada sistem penebangan bertahap. Bulletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri 4 (3) : 225-230.
- Ferry, Y., J. Towaha, dan K. D. Sasmita. 2010. Perbaikan lahan bekas tambang timah: Studi kasus : Uji media tanam bekas tambang timah dengan beberapa macam kompos untuk budidaya lada. Bulletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri. 1 (6) : 295-318.
- Ferry, Y., M. Herman, dan D. Pranowo. 2016. Pengaruh beberapa model polatanam berbasis tanaman Kemiri sunan. Laporan kegiatan di BBSDL 2016. 30 hal.
- Hardjowigeno, H. S. 2010. Ilmu Tanah. Penerbit Akademika Presindo. Jakarta 288 halaman.
- Iskandar. 2016. Success Stories Reklamasi dan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. Pusdi Reklamasi-LPPM IPB. Makalah disampaikan pada FGD “ Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian. BBSDL Bogor 10-11 Mei 2016 (tidak dipublikasi).
- Nyakpa, N. 2011. Pertumbuhan dan Hasil Kangkung Darat (*Ipomea reptans* Poir) Akibat Pemberian Berbagai Jenis Pupuk Organik Cair. Skripsi Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian Universitas Negeri Papua Manokwari.
- Pratiwi. 2016. Pembelajaran Reklamasi Lahan Bekas Tambang (Study kasus lahan bekas tambang timah, Bangka Tengah).

- Badan Litbang dan Inovasi. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Makalah disampaikan pada FGD “Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian. BBSDL Bogor 10-11 Mei 2016 (tidak dipublikasikan)
- Pringadi, K . 2008. Peran Bahan Organik dalam Peningkatan Produksi Padi Berkelanjutan Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Budidaya Tanaman Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Rahma, D. P. F. 2008. Reklamasi Tambang Inkonsvensional Timah: Suatu upaya pengembalian hutan lindung di Kepulauan Bangka Belitung. *www. KabarIndonesia*.
- Rusli dan Y. Ferry. 2016. Peran tanaman sela pada pembenahan tanah tailing kuarsa untuk budi daya tanaman karet. Naskah tulisan untuk Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar. 15 hal.
- .
Sasmita, K.d., Ferry, Y., Towaha, J. 2011. Pengaruh bahan pembenah tanah terhadap pertumbuhan lada perdu pada tanah bekas tambang timah bangka. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 2 (1) 9: 9-16.
- Setiadi, Y. 1997. Peranan mikoriza arbuskula untuk hutan tanaman industri. *Proceeding Seminar on Mycorrhizae*: 41 – 66
- Sisworo, W. H. 2006. Swasembada pangan dan pertanian berkelanjutan tantangan abad dua satu; pendekatan ilmu tanah, tanaman dan pemanfaatan iptek nuklir. Penyunting ahli: Prof. Dr. Aang Hanafiah WS, Prof Dr. Ir. Mugiono dan Prof. Dr. Elsy L. Sisworo, M. S. Badan Tenaga Nuklir Nasional, 207 p.
- Sutanto, R. 2002. Penerapan pertanian organik: pemasyarakatan dan pengembangan . Kanisius Yogyakarta. 2019 p.
- Subiksa, I. G. M. 2002. Pemanfaatan mikoriza untuk penanggulangan lahan kritis Makalah Falsafah Sains (PPs 702) Program Passca Sarjana/S3.IPB. Bogor 15 hal.
- .
Zaini, Z., Diah, W. S. dan M. Syam. 2004. Petunjuk lapang pengelolaan tanaman terpadu padi sawah. Meningkatkan Hasil dan Pendapatan, Menjaga Kelestarian Lingkungan. BPTP Sumut, BPTP Nusatenggara Barat, Balitpa dan IRRI. 57 p.

PEMANFAATAN MIKORIZA DALAM MENDUKUNG BUDIDAYA KOPI BERKELANJUTAN

MICHORRYZHA FOR SUSTAINABLE COFFEE CULTIVATION

Iing Sobari dan Dewi Nur Rokhmah

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
iingsobari@gmail.com

ABSTRAK

Kerusakan lahan dan lingkungan menuntut adanya perubahan paradigma baru dalam sistem pertanian di Indonesia. Paradigma yang harus dikembangkan adalah teknologi budidaya berkelanjutan yang menjamin kelestarian lahan sebagai tempat tumbuh tanaman. Salah satu contoh upaya pelestarian lahan adalah dengan penggunaan mikroba tanah (mikoriza) sehingga dapat menggantikan sebagian atau seluruh fungsi pupuk buatan agar lebih menjamin keberlanjutan usaha pertanian dan memelihara ekosistem pada lahan yang digunakan. Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dan perakaran tanaman. Bentuk simbiosis mutualisme yang terjadi yaitu mikoriza arbuskular akan meningkatkan serapan akar terhadap air dan unsur-unsur hara dari tanah sedangkan tanaman akan memberikan makanan dalam bentuk fotosintat kepada FMA (Fungi Mikoriza Arbuskular). Pemanfaatan inokulum mikoriza dalam budidaya kopi menjadi upaya yang penting dalam perbaikan lahan terutama untuk budidaya kopi. Efek secara langsung dari penambahan mikoriza pada bibit maupun tanaman di lapangan adalah peningkatan pertumbuhan kopi.

Kata Kunci: Kopi, Mikoriza, Budidaya kopi berkelanjutan

ABSTRACT

Environmental damage called for a paradigm shift in agricultural systems in Indonesia. The paradigm to be developed is a cultivation technology that ensures a sustainable land use to grow plants. One example of land conservation efforts is the use of soil microbes (mycorrhiza) which is capable of replacing part or all functions of chemical fertilizers in order to ensure the sustainability in agriculture as well as preserving the ecosystem and land use. Michorhyza is a form of mutualism symbiosis between fungi and plant roots. The mutualism is shown as arbuscular mycorrhiza will increase root uptake of water and nutrients from the soil while the plants will provide food in the form fotosintate to the FMA. Utilization of mycorrhizal inoculum in the cultivation of coffee became an important effort in land improvements, especially for coffee cultivation. Direct effects of the addition of mycorrhizae on seedlings or plants in the field is increased growth of coffee.

Key Words: Coffee, Mycorrhizae, coffee culture, Sustainable

PENDAHULUAN

Salah satu penyebab rendahnya produktivitas kopi di Indonesia adalah terjadinya penurunan kualitas tanah akibat pemupukan anorganik yang berlebihan. Penggunaan pupuk anorganik secara terus menerus dalam jangka panjang akan menyebabkan tanah menjadi cepat mengeras, kurang mampu menyimpan air, dan cepat menjadi asam (Parman, 2007). Kondisi demikian menyebabkan kesuburan tanah menurun yang berdampak terhadap pertumbuhan dan produksi kopi. Dengan demikian diperlukan teknologi budidaya yang tepat, efisien dan berkelanjutan dalam meningkatkan produktivitas dan mutu kopi.

Salah satu alternatif yang dilakukan untuk meningkatkan kualitas tanah adalah pemanfaatan mikoriza. Banyak penelitian mengemukakan bahwa memanfaatkan mikoriza mampu mempertahankan kesuburan tanah serta bermanfaat agar penyerapan air dan hara lebih efisien. Menurut Brundrett et al., (1996), benang-benang hifa jamur memiliki akses dan jangkauan lebih luas dalam mengeksplorasi nutrisi. Sifat hifa mikoriza yang mampu menjangkau air dan nutrisi membantu tanaman kopi yang memiliki sifat perakaran yang dangkal mengatasi kekeringan pada kemarau panjang.

Baon, Wiryadipura & Sulistyowati (1998) menemukan tanaman kopi yang diinokulasi dengan mikoriza nyata meningkatkan

pertumbuhan vegetatif tanaman dan menghindari tanaman dari kekerdilan yang disebabkan oleh nematoda sekaligus meningkatkan toleransi kopi terhadap nematoda parasit *Pratylenchus coffeae*. Carling dan Brown (1982) menjelaskan peningkatan pertumbuhan tanaman yang bermikoriza disebabkan oleh meningkatnya kegiatan fisiologis tanaman untuk mengambil nutrisi dalam tanah seperti K, Ca, Mg dan P. Paul & Clark (1989) mengemukakan terdapat kesulitan dalam mengetahui mekanisme peningkatan pertumbuhan, namun dapat diketahui dari aktivitas hormon dan laju fotosintesis yang meningkat pada tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza. Kemampuan mikoriza dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah berbeda-beda untuk tiap-tiap spesies, baik dalam jumlah daun, diameter batang dan tinggi tanaman (Purnanto, Tarno & Afandhi, 2014).

Mengacu pada konsep pemanfaatan mikroorganisme yang murah dan dapat diaplikasikan di masyarakat, tulisan ini dimaksudkan untuk mengulas hasil-hasil penelitian mengenai pengembangan dalam pemanfaatan mikroorganisme sehingga dapat keberlanjutan usaha tani. Pemanfaatan mikroorganisme dalam usaha pertanian diharapkan dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik sehingga dapat meminimalisir terjadinya degradasi lahan pertanian.

MIKORIZA DAN MANFAATNYA

Mikoriza merupakan asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan jamur. Secara alami mikoriza banyak ditemukan di daerah perakaran (rizosfir). Penelitian (Muleta *et al.* 2007; Andrede *et al.*, 2009) melaporkan mikoriza secara alami banyak ditemukan pada tanah-tanah perkebunan kopi. Mikoriza merupakan species simbiotik yang paling banyak ditemukan di permukaan bumi, dengan mikoriza arbuskular (MA) sebagai tipe mikoriza yang paling sering ditemukan pada sekitar 80% species tanaman di berbagai ekosistem (Strack *et al.*, 2003).

Secara umum diketahui bahwa cendawan termasuk mikoriza lebih menyukai habitat tumbuh bereaksi masam. Bukti ke arah ini juga

diperlihatkan oleh data (Tabel 1) yang memperlihatkan sebaran koloni mikoriza lebih banyak dijumpai pada lokasi-lokasi dengan pH tanah kurang dari 6,0.

Mikoriza di alam dapat ditemukan hampir di semua daerah perakaran tumbuhan, baik tumbuhan liar maupun yang dibudidayakan. Akan tetapi jumlah dan keragaman mikoriza di dalam tanah beragam. Pada tanah yang ditumbuhi tanaman secara liar terdapat mikroba yang lebih banyak dibandingkan dengan tanah yang diolah untuk budidaya tanaman, tetapi pengolahan tanah secara intensif juga menyebabkan pengurangan jumlah mikoriza (Gambar 1). Penggunaan pupuk organik pada budidaya tanaman akan dapat menekan pengurangan mikoriza alami dalam tanah, namun sebaliknya penggunaan pupuk kimia yang berlebihan akan semakin mengurangi populasi mikoriza dan juga keanekaragaman spesies mikoriza (Rini, 2007).

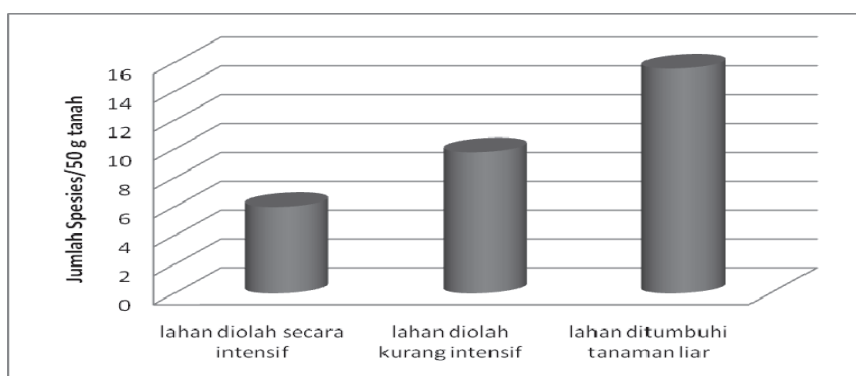
Aplikasi mikoriza dalam bentuk spora diberikan disekitar perakaran kopi. Mikoriza yang telah diaplikasikan akan mengeluarkan hifa. Hifa tersebut kemudian menginfeksi akar dan mencari eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman kopi sebagai bahan makanan mikoriza. Hifa yang telah menembus akar akan berkembang di dalam dan di antara sel akar (Gambar 2), kemudian hifa akan berubah sebagai tempat pertukaran unsur hara dengan fotosintat yang disebut arbuskula. Menurut santosa (1994), mikoriza menghasilkan asam karbonat dari proses respirasinya. Asam karbonat ini dapat meningkatkan kapasitas absorpsi unsur hara oleh tanaman sebab dengan bertambahnya jumlah asam karbonat di daerah perakaran tanaman maka kelarutan unsur hara dalam rhizosfer juga akan meningkat. Akibatnya tanaman memperoleh kemudahan dalam menyerap unsur hara yang dibutuhkan di mana sebelumnya dalam keadaan terfiksasi dan tidak tersedia. Djazuli (2011) mengemukakan bahwa aplikasi mikoriza mampu memperbaiki pertumbuhan, produktivitas, kadar P tanaman, dan beberapa bahan aktif tanaman purwoceng pada tanah Andosol Gunung Putri, Cianjur.

Fungi mikoriza arbuskula merupakan simbiosis antara fungi tanah dengan akar tanaman. Simbiosis ini saling menguntungkan

karena mikoriza memperoleh senyawa karbon dari tanaman inang dan mikoriza membantu tanaman inang menyerap unsur hara dari dalam tanah (Sieverding, 1991). Pada tanaman kopi infeksi hifa mikoriza dapat memperluas jangkauan akar untuk mengeksploitasi tanah dalam menyerap unsur hara dan air.

Mikoriza arbuskular juga dilaporkan mampu memperbaiki struktur dan agregasi tanah melalui pengaruh hifa atau eksudat glikoprotein (Rillig dan Mummey, 2006). Hifa memiliki kemampuan istimewa, yaitu pada saat akar tanaman kesulitan air hifa mampu menyerap air dari pori-pori tanah. Selain itu, jamur

tersebut mampu meningkatkan ketahanan tanaman inang untuk melawan penyakit (Andrade et al., 2009). Jamur mikoriza juga dapat membentuk hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman. Ervayenri, Hadi, Setiadi, Saeni & Budi (2007) menyebutkan bahwa simbiosis antara mikoriza dan tumbuhan inang merupakan mekanisme yang sangat penting dalam rangka mengatasi kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi tumbuhan.



Gambar 1. Jumlah spesies mikoriza arbuskula pada tiga tipe penggunaan lahan di Sumber Jaya, Lampung (Rini, 2007)

Figure 1. The amount of arbuscular mycorrhizae species at three types of land use in Sumber Jaya, Lampung

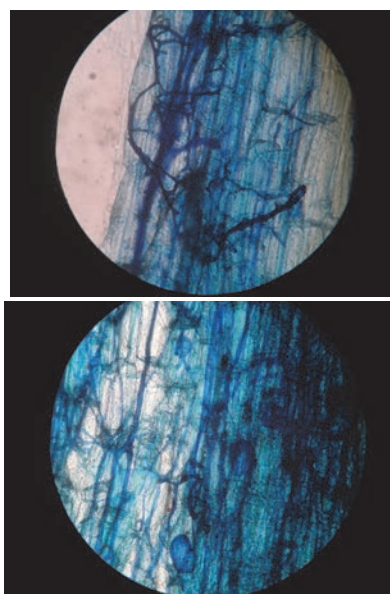


Figure 2. The structure of inter and intra cell of hyphae in coffee roots (Daras, Trisilawati & Sobari, 2013)

EKSPLORASI DAN IDENTIFIKASI MIKORIZA DARI LAHAN KOPI

Eksplorasi Mikoriza dari Lahan Kopi

Penelitian untuk menguji efektivitas mikoriza pada tanaman kopi diawali dengan melakukan eksplorasi isolat mikoriza di beberapa desa di Lampung Barat pada tahun 2012. Lampung Barat merupakan salah satu sentra pengembangan kopi terutama kopi robusta di provinsi Lampung. Luas lahan tanaman kopi di Lampung Barat mencapai 65.015 ha dengan produksi 52.543 ton pada tahun 2014 (BPS Provinsi Lampung, 2016). Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan

Gambar 2. Struktur hifa inter dan intra sel pada akar tanaman kopi (Daras, Trisilawati & Sobari, 2013)

cara mengambil contoh tanah dan akar kopi di rhizosfer tanaman kopi sekitar 1000 gr, jarak pengambilan 20-50 cm dari pangkal batang dengan kedalaman 20-30 cm dari permukaan tanah. Rhizosfer merupakan daerah aktivitas biologis dan kimia tanah, dipengaruhi oleh senyawa yang dikeluarkan oleh akar secara intensif dan merupakan makanan bagi mikroorganisme tanah (Zare, Ordookhani & Alizadeh, 2011 cited in Nasaruddin, 2012).

Tahap selanjutnya yaitu, setiap sampel diambil 100 gram, dikomposit dan dimasukkan

ke dalam kantong plastik, sementara pengambilan sampel akar dilakukan dengan cara memotong bagian ujung akar yang masih muda. Akar yang digunakan adalah akar yang masih muda karena akar yang masih muda merupakan bagian akar yang menghasilkan eksudat paling tinggi, sehingga mikoriza cenderung menginfeksi akar-akar tanaman yang masih muda untuk memperoleh nutrisi dari tanaman. Cara pengambilan sampel tanah dan akar kopi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengambilan sampel tanah dan akar kopi (Sobari, 2012)

Figure 3. Soil sampling and coffee roots

Identifikasi Mikoriza dari Lahan Kopi

Identifikasi jumlah dan jenis mikoriza dilakukan dengan mengambil sampel tanah sebanyak 100 g (Gambar 2). Sampel tanah tersebut dimasukkan ke dalam gelas plastik dan ditambahkan air sampai 300 ml dan diaduk sampai homogen dan diendapkan selama 6 jam. Cairan bening yang berada di atas endapan tanah dituangkan ke dalam saringan bertingkat dengan ukuran berturut-turut 500 μm , 225 μm , dan 45 μm . Hasil saringan masing-masing dituang ke dalam cawan petri. Pengamatan jumlah dan jenis spora mikoriza dilakukan di bawah mikroskop stereo.

Hasil analisa tanah pada 2012 yang berasal dari enam lokasi kebun kopi di Lampung Barat menunjukkan tanah dengan $\text{pH} < 6.01$ maupun pH tanah > 6.0 tidak mempengaruhi kandungan mikoriza. Sifat-sifat fisik tanah khususnya

tekstur tanah yang berasal dari ke enam lokasi tersebut tidak memperlihatkan adanya hubungan yang signifikan dengan penyebaran populasi mikoriza (Tabel 1). Hal ini mungkin karena keenam tanah tersebut mempunyai fraksi pasir relatif tinggi (Daras, Trisilawati, & Sobari, 2012)

Tabel 1. Hasil analisis tanah dan kandungan mikoriza pada tanah Lampung Barat
 Table 1. Analysis result of soil and michorryzae content in Lampung Barat

Jenis analisis	Sampel tanah			
	1	2	3	4
Ph	5.09	5.23	5.20	6.01
Tekstur (%)				
Pasir	54.78	84.10	79.07	72.50
Debu	22.25	6.49	11.24	15.65
Liat	22.97	9.41	9.69	11.85
Kand. Mikoriza (spora/50 g tanah)	21	18	40	24

Sumber: Daras, Trisilawati & Sobari (2012)

Jenis-Jenis Mikoriza Hasil Identifikasi dari Lahan Kopi

Hasil identifikasi mikoriza yang dilakukan Sobari & Khaerati, (2016) di Kebun Percobaan (KP) Gunung Putri ditemukan 3 genus MVA (Mikoriza Vesikular Arbuskular), yaitu *Glomus*, *Gigaspora*, dan *Acaulospora*. MVA jenis *Glomus* ditemukan paling banyak yaitu 93 spora, *Gigaspora* 13 spora, dan *Acaulospora* 3 spora.

Spora *Glomus* yang diidentifikasi memiliki bentuk bulat sampai lonjong, warna spora

kuning sampai coklat kemerahan, permukaan dinding spora relatif halus, dan memiliki dinding spora yang tipis (Gambar 4a). Selain *Glomus*, jenis mikoriza lain yang ditemukan adalah *Gigaspora* dan *Acaulospora*. Bentuk *Gigaspora* yang ditemukan umumnya bulat, berwarna putih kekuningan, coklat, coklat kehitaman, dan coklat kekuningan (Gambar 4b).



(4a)



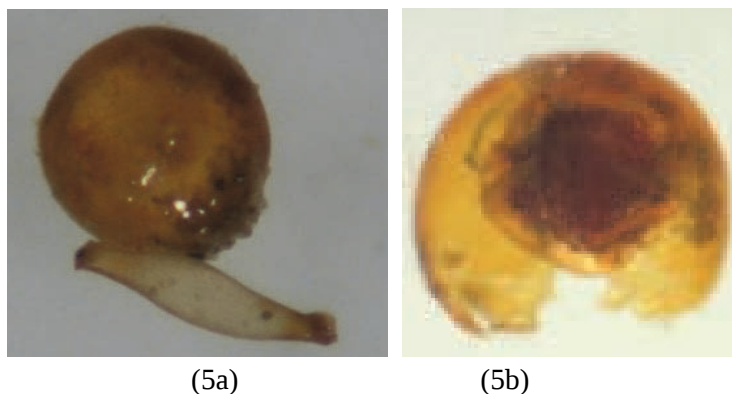
(4b)

Gambar 4a. Spora *glomus*, 4b. *Gigaspora*. (Sobari & Khaerati, 2016)

Figure 4a. *Glomus* es 4b. *Gigaspora*. (Sobari & Khaerati, 2016)

Sedangkan proses perkembangan awal spora *Acaulospora* dimulai dari ujung hifa (*subtending hyphae*) yang membesar seperti spora yang disebut *hyphal terminus*. Proses selanjutnya adalah munculnya bulatan kecil yang semakin lama semakin membesar kemudian membentuk spora di antara *hyphal terminus* dan *subtending hyphae*. Dalam perkembangannya, hifa terminus akan rusak

dan isinya akan masuk ke spora. Rusaknya hifa terminus akan meninggalkan bekas lubang kecil yang disebut *Cicatric*. Spora *Acaulospora* yang ditemukan spora masih melekat pada *subtending hypae* (Gambar 5a). Spora *Acaulospora* dinding spora tersusun dua lapis yang berbeda terdiri dari *unit wall* dan *membranous wall*, bereaksi dengan reagen melzer (Gambar 5b).



Gambar 5. Spora *Acaulospora* sp yang ditemukan di KP gunung putri (Sobari & Khaerati, 2016)

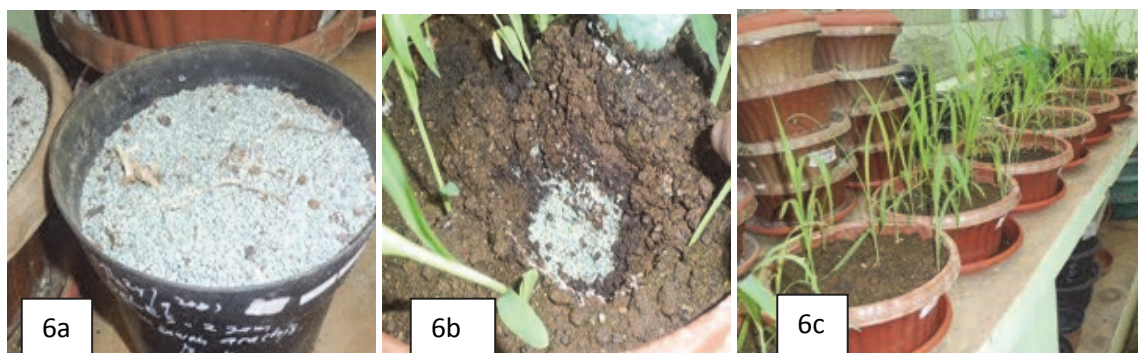
Figure 5. *Acaulospora* sp spores found at Gunung Putri Experimental Station (Sobari & Khaerati, 2016)

PERBANYAKAN MIKORIZA DI RUMAH KACA

Sorgum (*Sorghum bicolor*) dipilih sebagai tanaman indikator karena sistem perakarannya yang baik untuk pembentukan mikoriza dengan membentuk akar-akar sekunder yang lebih banyak (Prematuri & Faiqoh, 1998 cited in Nurbaity, Setiawan, Mulyani, 2011). Di samping itu, sorgum merupakan tanaman pangan sumber karbohidrat yang relatif tahan terhadap kekeringan dan genangan serta dapat

tumbuh hampir di setiap jenis tanah (Laimeheriwa, 1990).

Perbanyakan mikoriza di rumah kaca seperti disajikan pada gambar 6a, 6b dan 6c. Tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan dalam perbanyakan mikoriza antara lain : 1) Penyemaian benih sorgum, 2) Persiapan media tanam meliputi pencucian zeolit, sterilisasi zeolit dan tanah untuk media tanam sorgum, 3) Penanaman sorgum dan Inokulasi mikoriza, 4) Pemeliharaan tanaman inang dengan aplikasi hiponek 1 mg 1x.



Gambar 6. 6a.Mikoriza pada media zeolit, 6b.Inokulasi Mikoriza, 6c.Sorghum sebagai tanaman inang mikoriza (Sobari, 2013)

Figure 6. 6a. *Mychorryza* in zeolite, 6b. *Mychorryzae* inoculation, 6c. *Sorghum* as host plant for *michorrhzyae*

Inokulasi mikoriza pada tanaman dilakukan dengan cara meletakkan inokulum mikoriza pada bidang perakaran inang. Inokulum tersebut merupakan media penggan- daan mikoriza yang umumnya berupa zeolit yang mengandung spora mikoriza dan potongan-potongan akar tanaman inang. Peng-

gandaan spora mikoriza menggunakan tanaman inang *sorghum* yang ditanam pada media zeolit steril. Selain gandum, jagung juga dapat digunakan sebagai inang mikoriza. Menurut Dewi, Sritamin & Suada (2016) jagung dan media zeolit merupakan kombinasi yang baik untuk perbanyakan spora mikoriza.

BAHAN PEMBAWA DAN PENGEMASAN MIKORIZA

Produksi pupuk hayati atau inokulum FMA di Indonesia umumnya menggunakan bahan pembawa anorganik berupa pasir, mineral lempung atau zeolit (Prematuri & Faiqoh, 1999 cited in Nurbaity, Setiawan, Mulyani, 2011)). Penggunaan bahan-bahan anorganik sebagai bahan pembawa karena bahan pembawa inokulum mikoriza harus bebas mikroorganisme, tidak mengandung unsur hara dan bahan kimia lainnya, selain itu juga tidak mempengaruhi aktivitas spora mikoriza, mudah dibentuk agar mempermudah pengemasan, mudah diperoleh dan harganya murah (Syah, Junjunidang & Herizal, 2006). Sekarang ini telah tersedia FMA yang dikemas dalam bentuk yang lebih praktis dan lebih mudah untuk diaplikasikan. Dalam pengemasan mikoriza ini tetap diperlukan bahan pembawa. Syah et al., (2006) menyebutkan bahan pengemas harus memenuhi syarat mudah diperoleh, harganya murah, daya simpan lama, dan mudah larut dalam air sehingga spora dalam bahan pengemas mudah keluar dan segera menginfeksi akar.

Bahan pembawa yang biasa digunakan dalam produksi inokulum mikoriza merupakan sumberdaya yang tidak dapat diperbarui (*non renewable*) sehingga harus dicari alternatif bahan pembawa lain dengan memanfaatkan sumber daya lokal, lebih ekonomis dan mudah didapat tanpa mengurangi kualitas dari inokulum. Beberapa alternatif bahan pembawa lain yang merupakan sumber daya potensial yang terdapat di berbagai lokasi, antara lain:

1. Bahan organik

Mikoriza arbuskula berinteraksi positif dengan bahan organik di dalam tanah, termasuk pada lahan-lahan bermasalah seperti lahan tercemar logam berat (Nurbaity, 2000), lahan salin (Nurbaity, Abbott, Juniper & Rate, 2005), dan lahan yang tercekam kekeringan (Nurbaity, Herdiantoro & Setiawan, 2007).

2. Sekam

Salah satu bahan pembawa mikoriza yang mudah didapatkan adalah sekam padi. Sekam padi merupakan bahan organik yang berasal dari limbah pertanian yang mengandung beberapa unsur penting seperti protein kasar, lemak, serat kasar, karbon, hidrogen, oksigen dan silika (Balai Penelitian Pascapanen Pertanian, 2001)

3. Tanah hitam

Tanah hitam merupakan pembawa yang baik bagi mikoriza. Tanah hitam ini mampu mendukung pembentukan spora dan daya infeksi dari mikoriza pada tanaman (Syah, Junjunidang & Herizal., 2006).

Pelaksanaan aplikasi mikoriza memerlukan teknik yang tepat sehingga menimbulkan efek positif bagi tanaman. Aplikasi di pembibitan maupun di lapang biasanya dilakukan dengan beberapa teknik aplikasi mikoriza dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain; dengan menggunakan tanah yang sudah mengandung mikoriza, menggunakan akar yang mengandung mikoriza, menggunakan miselia cendawan atau spora mikoriza yang sudah dikemas dalam bentuk kapsul. Inokulum (bahan yang mengandung mikoriza) diberikan bersama pada waktu persemaian. Pada lahan yang sudah pernah diinokulasi dengan inokulum mikoriza, untuk penanaman berikutnya tidak perlu diinokulasi lagi, karena masih dapat bertahan untuk periode selanjutnya (Hardiatmi, 2008).

Ahli mikoriza dari IPB telah menguji mikoriza dalam bentuk tablet pada tanah di daerah Lampung, Kalimantan, dan di kebun percobaan kampus Dermaga. Percobaan diterapkan pada bibit-bibit tanaman industri, dan hasilnya tanaman yang diberi pil tablet mikoriza pada akarnya, dapat tumbuh dua sampai tiga kali lebih cepat. Tablet ini dibuat dari cendawan, dengan cara diambil dari mikoriza yang dibentuknya, kemudian dimurnikan dari jamur-jamur lain yang berada disekelilingnya. Setelah teruji kemurniannya, jamur ini ditumbuhkan pada media buatan dari tanah dan bahan-bahan organik untuk dijadikan bahan baku pil. Untuk membuat tablet, biomassa jamur yang terdiri dari benang-

benang miselia itu, ditumbuk halus bersama media tumbuhnya. Selanjutnya bubuk yang mengandung bibit jamur itu dicetak menjadi batang-batang silinder panjang dengan diameter 0,7 sentimeter. Untuk melindungi dari kontaminasi cendawan jenis lain, racikan bubuk itu dimasukkan kedalam kapsul. Pil mikoriza ini hanya cocok untuk bibit tanaman. Aturan pakainya sederhana, satu tablet untuk satu bibit. Setelah itu pil dipecah-pecah, dicampurkan dengan tanah yang dipakai untuk menumbuhkan bibit tanaman (Hardiatmi, 2008).

Tujuan pengemasan inokulan mikoriza dalam bentuk tablet dan kapsul antara lain: 1. Penghematan inokulan dan meningkatkan keefektifan. 2. Mempermudah penanganannya (pengangkutannya dan penyimpanan), 3. Dapat di produksi secara khusus sesuai dengan kondisi tempat yang akan diaplikasikan seperti PH tanah. (Hardiatmi, 2008)

APLIKASI MIKORIZA PADA PEMBIBITAN KOPI

Aplikasi mikoriza di persemaian bertujuan untuk mendapatkan bibit kopi yang sudah terinfeksi oleh mikoriza saat akan dilakukan penanaman. Menurut Prayudyaningsih (2012) inokulasi mikoriza di persemaian sangat penting dilakukan karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain : (1) kondisi media persemaian yang marginal akibat keterbatasan nutrisi karena dibatasi ukuran tempat media dan jumlah media; (2) ketergantungan jenis tertentu terhadap asosiasi mikoriza untuk mendukung pertumbuhannya; (3) Lambatnya pertumbuhan bibit sehingga menyebabkan lamanya waktu di persemaian dan hal tersebut tidak dapat lagi diatasi dengan pemberian pupuk; (4) lokasi untuk penanaman yang merupakan lahan kritis, sehingga diperlukan semai yang mempunyai ketahanan tinggi dalam menghadapi berbagai stres lingkungan (keterbatasan air, suhu tinggi, adanya senyawa toksik dan miskin hara); dan (5) serangan patogen tular tanah selalu menjadi masalah di persemaian.

Untuk melihat konsistensi pengaruh mikoriza terhadap kopi, maka dilakukan penelitian aplikasi mikoriza di pembibitan dengan media tanam berupa tanah podsolik merah kuning (Gambar 7). Pertimbangan penggunaan tanah Podsolik merah kuning untuk melihat pengaruh mikoriza pada tanah miskin hara.

Pengambilan sampel tanah podsolik merah kuning dilakukan pada bagian subsoil dengan tujuan agar tanah yang didapatkan tidak ada campuran bahan organik lain seperti serasah tanaman. Adapun sifat-sifat kimia dan fisik tanah podsolik merah kuning yang dijadikan media tanam disajikan pada Tabel 2.

Asosiasi mikoriza dengan akar bibit kopi mampu meningkatkan laju pertumbuhan bibit kopi dan melindungi serta meningkatkan resistensi tanaman terhadap stres biotik (serangan patogen) dan stres abiotik. Pemanfaatan mikoriza memberikan respon lebih baik terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, dan diameter batang serta bobot kering batang, daun dan akar tanaman kopi (Daras, Trisilawati & Sobari, 2013).

Inokulasi mikoriza pada bibit kopi dilakukan dengan sistem lubang di mana inokulasi dilakukan pada saat tahap penyapihan semai dan inokulan dimasukkan dalam lubang tanam pada container atau dicampur dengan media semai. Mikoriza diinokulasikan sebulan setelah penanaman kopi. Penempatan mikoriza pada daerah di sekitar akar, kemudian permukaan tanah di sekitar akar ditekan supaya bibit kopi stabil. Penyiraman dilakukan tiap dua hari dengan takaran yang sama. Untuk pencegahan hama dan penyakit dilakukan penyemprotan pestisida dan fungisida 2 minggu setelah tanam. Pembersihan gulma dilakukan dengan cara mencabut gulma dengan hati-hati supaya tidak mengganggu perkembangan mikoriza



Gambar 7. Aplikasi mikoriza pada bibit kopi
(Sobari, 2013)

Figure 7. *Mychorryzae* application on coffee seedlings
(Sobari, 2013)

Tabel 2. Beberapa sifat fisik dan kimia tanah podsolik merah kuning
Table 2. *Physical and chemical characteristics of yellow and red podsolic soil*

Sifat tanah		Tanah Podsolik merah kuning
pH (H ₂ O)	:	4.8
C-org (%)	:	1.5
N-Total (%)	:	0.16
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	:	1.57
Basa dapat ditukar (me/100g)		
Ca	:	1.24
Mg	:	0.46
K	:	0.15
Na	:	0.62
Al-dd, Al_exch (cmol/kg)	:	2.5
Tekstur, Texture (%)		
Pasir, Sand	:	37.9
Liat, Clay	:	47.1
Debu, Silt	:	15.0

Sumber: Daras, Trisilawati & Sobari (2013)

Tipe inokulan mikoriza yang dapat digunakan dalam inokulasi mikoriza ada beberapa macam, yaitu : (1) *crude inoculum*, berupa tanah top soil bermikoriza atau serasah, semai bermikoriza, atau tubuh buah jamur dihancurkan dan dicampur dengan media semai; (2) *pure inoculum*, berupa granular dari hasil kultur pot spora tunggal, tablet spora atau alginat dari hasil kultur miselia jamur. Masing-masing tipe inokulan mempunyai kelebihan dan kekurangan dalam hal efektifitas dan efisiensi aplikasinya (Prayudyaningsih, 2012).

Untuk mendukung perkembangan asosiasi mikoriza, ada beberapa hal yang harus diperhatikan, sehingga efek inokulasi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan semai dan resistensi semai terhadap serangan patogen (stress biotik) dan stres abiotik. Hal-hal yang harus diperhatikan dalam aplikasi mikoriza di persemaian adalah antara lain : (1) Ketersediaan P dalam media harus dijaga pada tingkat rendah sampai sedang. Kadar P yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menghambat perkembangan mikoriza, sehingga pemberian pupuk P harus benar-benar diperhatikan agar

perkembangan mikoriza tetap baik; (2) Pemberian pupuk N sangat direkomendasikan, terutama dalam bentuk NH_4 ; (3) Penyiraman atau irigasi harus sangat diperhatikan. Kondisi kapasitas lapang akan mendukung perkembangan mikoriza, sedang pemberian air yang terlalu berlebihan dapat menghambat perkembangan mikoriza; dan (4) Aerasi media merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi perkembangan mikoriza. Tanah yang mempunyai aerasi bagus akan mendukung perkembangan mikoriza. Pencampuran media tanah dengan bahan organik atau bahan lain seperti arang, dapat meningkatkan aerasi media (Prayudyaningsih, 2012).

Pengujian inokulum mikoriza pada bibit kopi memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, bobot kering batang, daun dan akar bibit kopi (Daras, U., Trisilawati, O & Sobari, I. 2012). Penelitian Wachjar, Setiadi & Hastuti (1998) Menyimpulkan dosis inokulum cendawan *Gigaspora rosea* dan pupuk nitrogen berpengaruh terhadap luas daun dan bobot kering tajuk. Kombinasi antara dosis inokulum cendawan 5 g/bibit dan dosis pupuk nitrogen 3 g/bibit menghasilkan daun total yang nyata lebih luas dan bobot kering tajuk yang nyata lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi perlakuan yang lain.

Pengaruh langsung pemberian inokulum mikoriza pada bibit dapat dilihat dari persentase infeksi mikoriza pada akar kopi. Tingginya tingkat infeksi pada akar mendukung perluasan daerah penyerapan unsur hara maupun air oleh bibit kopi. Efek positif yang terjadi adalah peningkatan pertumbuhan vegetatif maupun bobot kering bobot kering bibit kopi. Daras, Trisilawati & Sobari, (2013) mengemukakan pemberian inokulum mikoriza pada bibit kopi menghasilkan bobot kering akar kopi yang lebih tinggi dibandingkan bibit kopi yang tidak diberikan mikoriza. Selanjutnya Vebruggen *et al.*, (2012) melaporkan bahwa inokulasi mikoriza dapat menaikkan kolonisasi sekitar 29 % dan meningkatkan bobot biomassa tanaman sebesar 23 %.

Pengaruh mikoriza terhadap hormon tanaman dikemukakan oleh beberapa penelitian diantaranya, De la Cruz (1981) menyatakan

bahwa cendawan endomikoriza secara efektif menghasilkan hormon pertumbuhan terutama auksin. Sedangkan Krikun (1991) menemukan bahwa tanaman yang terinfeksi mikoriza mengandung sitokinin dengan konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tidak terinfeksi. Menurut Prawiranata, Harran dan Tjondronegoro (1989) pengaruh fisiologis sitokinin adalah mendorong pembesaran sel dan penghambatan penuaan daun sedangkan auksin terhadap pemanjangan sel.

Penelitian terhadap bibit kopi menggunakan inokulum mikoriza asal rizosfer kopi menunjukkan hasil pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, diameter batang, bobot kering batang, daun dan akar serta infeksi akar yang lebih baik dibandingkan inokulum mikoriza dari jambu mete. Hal ini sesuai dengan pendapat Klironomus (2003) & Leake *et al.*, (2004) bahwa adanya hubungan fungsional yang spesifik antara tanaman inang dengan mikoriza. Namun menurut Ricardo *et al.* (2011) secara ekologis keberhasilan simbiosis mikoriza tidak hanya tergantung pada hubungan tanaman inang dengan genotif mikoriza saja, tetapi tergantung juga dengan kondisi lingkungan

APLIKASI MIKORIZA PADA TANAMAN KOPI DI LAPANG

Penyediaan bibit kopi secara komersial mempunyai kendala dalam mendapatkan bibit yang sudah diinfeksi mikoriza. Dengan demikian harus dilakukan aplikasi mikoriza pada tanaman kopi di lahan. Pada praktek di lapang sering terdapat kesulitan untuk menentukan kelangsungan hidup mikoriza. Hal ini disebabkan oleh lingkungan yang tidak terkontrol baik oleh hujan maupun terjadinya persaingan dengan mikroorganisme tanah lainnya. Untuk mendapatkan hasil optimal dari infeksi mikoriza harus dilakukan pengecekan secara berkala terhadap infeksi mikoriza pada akar tanaman kopi.

Aplikasi mikoriza pada tanaman kopi dilakukan pada jenis tanah latosol. Kandungan hara tanah latosol Pakuwon disajikan pada Tabel 3. Sebelum aplikasi mikoriza, lahan sekitar tanaman kopi (bobokor) dibersihkan

untuk memudahkan aplikasi mikoriza. Aplikasi mikoriza dilakukan pada bulan Mei dengan jarak waktu 2 bulan setelah aplikasi pupuk. Hal ini dilakukan untuk memberi kesempatan (waktu) unsur pupuk terlarut dan diserap tanaman, sehingga mikoriza diharapkan akan berkembang lebih cepat pada kondisi media tanam (tanah) dengan status nutrisi (unsur hara)

rendah. Cara penempatan mikoriza diawali dengan pembuatan dua lubang disekitar perakaran kopi, lalu inokulum mikoriza ditaburkan pada lubang tersebut dan diusahakan sedekat mungkin dengan perakaran kopi, kemudian lubang ditutup dengan tanah (Gambar 8).



Gambar 8. Aplikasi mikoriza pada tanaman kopi (Daras, 2013)
Figure 8. *Mychorryzae* application on coffee plants

Tabel 3. Beberapa sifat fisik dan kimia tanah Latosol Pakuwon
Table 3. *Physical and chemical characteristics of Latosol Soil in Pakuwon*

Sifat tanah		Latosol Pakuwon
pH (H ₂ O)	:	5.1
C-org (%)	:	2.0
N-Total (%)	:	0.19
P ₂ O ₅ Bray (ppm)	:	2.72
Basa dapat ditukar (me/100g)		
Ca	:	3.30
Mg	:	1.76
K	:	1.59
Na	:	1.67
Al-dd, Al_exch (cmol/kg)	:	2.2
Tekstur, <i>Texture</i> (%)		
Pasir, <i>Sand</i>	:	20.1
Liat, <i>Clay</i>	:	69.5
Debu, <i>Silt</i>	:	10.4

Sumber: Daras, Trisilawati & Sobari (2012)

Teknik aplikasi mikoriza yang tepat akan menentukan keberhasilan infeksi mikoriza terhadap akar tanaman. Waktu aplikasi mikoriza sebaiknya diaplikasikan ketika tanaman kopi masih di pembibitan. Aplikasi mikoriza pada tanaman yang telah dewasa sering terkendala pada faktor lingkungan seperti hujan yang menyebabkan aplikasi mikoriza kurang optimal. Aplikasi mikoriza di lapang

harus diberikan berdekatan dengan akar tanaman sehingga mikoriza mudah menginfeksi akar tanaman kopi .

PENUTUP

Pemanfaatan inokulum mikoriza dalam budidaya kopi menjadi upaya yang penting dalam perbaikan lahan terutama untuk budidaya kopi. Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dan perakaran

tanaman. Bentuk simbiosis mutualisme yang terjadi yaitu mikoriza arbuskular akan meningkatkan serapan akar terhadap air dan unsur-unsur hara dari tanah, sedangkan tanaman akan memberikan makanan dalam bentuk fotosintat kepada mikoriza. Efek secara langsung dari penambahan mikoriza pada bibit maupun tanaman di lapangan adalah peningkatan pertumbuhan kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, S.A.L., Mazzafera, P., Schiavinato, M.A., & Silveira A.P.D. (2009). Review of arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science* 147: 105–115.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2016. *Produksi Tanaman Kopi Robusta Perkebunan Rakyat menurut Kabupaten/Kota di Provinsi Lampung*. Lampung
- Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. 2001. *Peluang Agribisnis Arang Sekam*. Jakarta. Balai Penelitian Pascapanen Pertanian. (<http://www.balitpasca@deptan.go.id>). [14/05/2008].
- Baon, J. B., Wiryadipura, S., Sulistyowati, E. 1988. Pengaruh infeksi mikoriza terhadap serangan nematode *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi. *Pelita Perkebunan* 4(1): 22-30.
- Brundrett, M. C., N. Bougher, B. Dells, T. Grove, & N. Malajozuk. 1996. *Working With Mycorrhizas In Forestry And Agriculture*. Canberra. Australian Centre for International Agricultural Research.
- Carling, D. E. dan M. E. Brown. 1982. Anatomy and Physiological VA mycorrhizal root and nonmycorrhizal root. *Am. Phytopatol. Soc. West Germany*. P 1108-1114
- Daras, U., Trisilawati, O & Sobari, I. 2012. Pengaruh Mikoriza dan Amelioran terhadap Pertumbuhan Benih kopi. *Lap Teknis Penelitian*. Tidak di publikasikan
- Daras, U., Trisilawati O. & Sobari I. (2013). Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. *Bul. Ristri* 4 (2): 145-156.
- De la Cruz, R. E. 1981. Mycorrhizae-indispensable allies in forest regeneration. *Symposium on Forest Regeneration in South East Asia*. Biotrop. Bogor. 302 p.
- Dewi, P.A.M.Y., Sritamin, M., Suada, I.K. 2016. Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Rhizosfer Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L.) dan Kopi Robusta (*Coffea Robusta* L.) dan Perbanyakannya dengan Media Zeolit. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika* (5) 2.
- Djazuli, M. 2011. Pengaruh Pupuk P dan Mikoriza terhadap Produksi Dan mutu *Simplisia Purwoceng*. *Bul. Littro* (22) 2:147-156.
- Ervayenri, Hadi, S., Setiadi, Y, Saeni, Ms., Budi, S.W. 2007. Keanekaragaman jenis fungi mikoriza arbuskula di lahan tambang minyak bumi. Dalam: *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza II*. Bogor, 17-21 Juli 2007. Hal 187-194.
- Hardiatmi, J. M. S. 2008. Pemanfaatan Jasad Renik Mikoriza untuk Memacu Pertumbuhan Tanaman Hutan. *INNOFARM : Jurnal Inovasi Pertanian* (7)1: 1-10.
- Klironomos, J. N. 2003. variation on plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84:2292-2301.
- Krikun, J. 1991. Mycol Thizae in agriculture crops. P 767- 786. In. Y. Waisel, A. Eshel and U. Kahkafi (eds). *Plant Root-The Hidden Half* Marcel Dekker. New York
- Leake, J. R, D. Johnson, D. P. Donnelly, G. E. Muckle, L. Boddy, and D.J. Read. 2004. Networks of power and influence: The role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities an agroecosystem functioning. *Can J. Bot.* 82: 1016-1045

- Laimeheriwa, J. 1990. Teknologi Budidaya Sorgum. Balai Informasi Pertanian. Departemen Pertanian. Irian Jaya. Jayapura.
- Muleta, D., F. Assefa, S. Nemomissa and U. Granhall. 2007. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 241: 145–154.
- Nasaruddin. 2012. Respon Pertumbuhan Bibit Kakao terhadap Inokulasi Azotobacter dan Mikoriza J. *Agrivigor* 11(2): 300-315.
- Nurbaity, A., Setiawan, A., Mulyani, O. 2011. Efektivitas Arang Sekam sebagai Bahan Pembawa Pupuk Hayati Mikoriza Arbuskula pada Produksi Sorgum. *Agrinimal*, Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
- Nurbaity, A., Herdiyantoro, D. & Setiawan, A. 2007. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Bahan Organik untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Sorgum terhadap Kekeringan. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia ke VI, Bogor, 17-18 Desember 2007
- Nurbaity, A., Abbott, L. K., Juniper, S & Rate, A. 2005. Organic Matter Affects Some Properties of a Saline Soil in Western Australia. *Proceeding of International Salinity Forum*, 24-27 April 2005, Riverside, California, USA, pp. 316-320.
- Nurbaity, A. 2000. Kandungan Logam Berat Cu, Serapan NPK serta Berat Kering Tanaman Padi Gogo (*Oryza Sativa* L.) pada Tailing PT. Freeport Timika Akibat Aplikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular Dan Biostimulan. Thesis program magister. Universitas Padjadjaran, Bandung.
- Parman, S. 2007. Pengaruh pemberian pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan produksi kentang (*Solanum tuberosum* L.). *Buletin Anatomi dan Fisiologi* XV (2): 21-31.
- Paul, E. A. & F. E. Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Acad. Press. London. 273 p.
- Purnanto, M., Tarno, H., Afandhi, A. 2014. Efektivitas Penggunaan Pupuk Hayati Mikoriza (*Glomus Spp.*) Untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne Javanica*) Pada Tembakau (*Nicotiana tabaccum* L.) *Jurnal HPT Volume 2 Nomor 4*.
- Prawiranata, W., Harran, S. & Tjondronegoro, P. 1989. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. FMIPA. IPB. Bogor. 224 hal,
- Prayudyaningsih, R. 2012. Mikoriza dalam Pengelolaan Hama-Penyakit Terpadu di Persemaian. *Info Teknis Eboni Balai Penelitian Kehutanan Makassar* 9(1): 55-75.
- Ricardo, A. H. Perazza, C. Hamel, F. Fernandez, R.L. ferrer & E. Furrzola. 2011. Soil-strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza* 21:183-193.
- Rillig, M.C., and D. L. Mummey. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171: 41–53.
- Rini, M. V. 2007. Populasi dan keanekaragaman fungi mikoriza arbuskular pada tiga tipe penggunaan lahan yang berbeda di Sumber Jaya Lampung. Dalam: Prosiding Seminar Nasional Mikoriza II. Bogor, 17-21 Juli 2007. Hal 179-183.
- Santoso B. 1994. Mikoriza, Peranan dan Hubungan dengan Kesuburan Tanah. Jurusan Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. *Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH*. Eschborn.

- Sobari, I & Khaerati. 2016. Identifikasi Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) Dari Perakaran Kopi Arabika Di Kebun Percobaan Gunung Putri, Jawa Barat. Medkom Perkebunan Tanaman Industri dan Penyegar. 4(4). ISSN: 2337-7941.
- Strack, D., Fester T., Hause, B., Schliemann W., & Walter M.H. 2003. Arbuscular mycorrhiza: Biological, chemical and molecular aspects. Journal of Chemical Ecology 29: 1955–1979.
- Syah, A., Junjunidang, M. J & Herizal, Y. 2006. Penyimpanan kapsul cendawan mikoriza arbuskula untuk mempertahankan daya multiplikasi dan infektivitas. J. Hort. 16(2) : 129-133.
- Verbruggen, E, G.A. Marcel , van der Heijden, M. C. Rillig and E. T. Kiers. 2013. Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: Factors determining inoculation success. *New Phytologist* **197**: 1104–1109
- Wachjar, A, Setiadi, Y & Hastuti, T.R. 1998. Pengaruh Dosis Inokulum Cendawan Mikoriza Arbuskula (*Gigaspora Rosea*) dan Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Foehner). Bul. Agron. 26(2): 1-7.

PEMULIAAN TANAMAN PARTISIPATIF DAN TEKNIK SAMBUNG SAMPING DALAM PERAKITAN VARIETAS UNGGUL BARU KAKAO (*Theobroma cacao* L.) TAHAN PENGGEREK BUAH KAKAO

PARTICIPATORY PLANT BREEDING AND SIDE-GRAFTING IN CREATING NEW SUPERIOR CACAO (*Theobroma cacao* L.) CLONES RESISTANT TO POD BORER

Indah Sulistyorini, Rubiyo, dan Cici Tresniawati

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357
cici_tresniawati@yahoo.com

ABSTRAK

Bahan tanaman kakao unggul dapat dihasilkan dari kegiatan pemuliaan tanaman partisipatif, dimana petani menyeleksi tanaman-tanaman yang ada di kebunnya berdasarkan daya hasil dan sifat unggul lainnya. Dari kegiatan dapat ini diperoleh klon-klon lokal harapan kakao yang memiliki daya hasil tinggi. Beberapa varietas unggul baru (VUB) kakao telah diperoleh melalui kegiatan pemuliaan partisipatif diantaranya MCC 01, MCC 02, Sulawesi 1 dan Sulawesi 2. Tim peneliti Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar bersama petani di Besulutu, Sulawesi Tenggara bekerjasama melalui pemuliaan partisipatif dalam perakitan VUB tahan hama penggerek buah kakao (PBK). Tanaman yang digunakan dalam karakterisasi awal adalah tanaman hasil sambung samping. Hasil karakterisasi awal diperoleh aksesori BSK 1 yang memiliki keunggulan nilai buah/pod indeks (IP) sebesar 31,77, intensitas serangan PBK 5,83%, persentase serangan PBK 6,67% dan persentase biji lengket 6,17% paling rendah serta memiliki permukaan buah yang halus. BSK 1 berpotensi untuk dikembangkan menjadi klon lokal unggul untuk ketahanan hama PBK.

Kata kunci: kakao, pemuliaan partisipatif, penggerek buah kakao (PBK), sambung samping, Besulutu

ABSTRACT

Superior cocoa plant material can be obtained from participatory plant breeding activities, where farmers select plants in their garden based on yield and other superior characteristics. From these activities can be obtained promising local clones which has high yield. Several new superior varieties have been obtained through participatory breeding activities such as MCC 01, MCC 02, Sulawesi 1 and Sulawesi 2. A research team from Industrial and Beverage Crops Institute collaborated with farmers in Besulutu, Southeast Sulawesi in participatory breeding to obtain a fruit-borer resistant new superior variety. Plants used in initial characterization were side grafted. The initial characterization obtained BSK 1 accession which has higher fruit value / pod index (IP) of 31,77, the intensity of fruit borer attack is down to 5.83%, the percentage of fruit borer attack is 6.67% and the lowest percentage of sticky seed 6.17% and has smooth fruit skin. BSK 1 has the potential to be developed into superior local clones with fruit borer resistance.

Keywords: cocoa, participatory breeding, fruit borer, side grafting, Besulutu

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman perkebunan tahunan (*perrenial*). Untuk mendapatkan varietas unggul melalui pemuliaan konvensional dalam hal ini persilangan buatan memerlukan waktu yang lama, yaitu sekitar 10-25 tahun. Oleh karena itu, diperlukan metode yang tepat untuk

mendapatkan varietas unggul serta dukungan teknologi budi daya yang dapat meningkatkan produktivitas kakao secara cepat. Untuk mendapatkan varietas unggul kakao secara cepat pemulia dapat memanfaatkan bahan tanaman (plasma nutfah) yang ada di lapangan atau kebun petani. Pemulia dan petani melakukan seleksi secara bersama-sama pada tanaman-tanaman yang telah memperlihatkan

potensi genetiknya dan beradaptasi di lingkungan tersebut. Dalam hal ini, petani berpartisipasi dalam kegiatan seleksi bahan tanaman, atau dikenal dengan metode Pemuliaan Tanaman Partisipatif (PTP) (Wardiana, 2015).

Dukungan teknologi budi daya untuk meningkatkan produktivitas kakao secara cepat dapat dilakukan dengan metode sambung samping. Akhir-akhir ini teknik sambung samping banyak diterapkan dalam kegiatan rehabilitasi tanaman kakao yang sudah tua atau tidak produktif (Rubiyo & Siswanto, 2012). Menurut Suhendi (2008) dengan teknik sambung samping, tanaman sudah bisa dipetik buahnya pada umur 18 bulan, sedangkan tanaman yang berasal dari biji baru berbuah pada tahun ke 3 atau 4 setelah ditanam. Dengan demikian metode sambung samping sangat membantu dalam kegiatan pemuliaan karena dapat mengurangi atau memperpendek waktu yang diperlukan untuk menghasilkan varietas/klon baru.

Sulawesi 2 (Susilo & Anita-Sari, 2011); M01, M04, M05, M06, M45, dan Panter (Susilo, 2013), KW 570 atau Sulawesi 3 (Susilo, Mangoendidjojo, Witjaksono, Sulistyowati & Mawardi, 2009) adalah klon-klon unggul lokal yang berkembang di Sulawesi, memiliki karakteristik tahan terhadap hama PBK. Klon-klon ini diperoleh melalui kegiatan pemuliaan tanaman partisipatif dan dikembangkan menggunakan teknologi perbanyakan sambung samping.

BSK 1, BSK 2, dan Polman merupakan klon-klon lokal yang dibudidayakan masyarakat di Besulutu, Sulawesi Tenggara. Klon-klon tersebut ditanam bersama dengan klon Sulawesi 1 dan Sulawesi 2. Masyarakat mendapatkan informasi bahwa BSK 1, BSK 2, dan Polman memiliki keunggulan pada hasil dan ketahanan terhadap hama PBK. Petani mulai membudidayakannya dengan metode sambung samping untuk menggantikan tanaman petani yang sudah mulai tidak produktif. Berdasarkan informasi ini beberapa peneliti dari Balittri, yang menangani komoditas kakao, kopi, teh, dan karet ikut berpartisipasi dalam kegiatan karakterisasi produktivitas, mutu, dan ketahanan terhadap hama PBK tiga klon lokal

kakao asal Besulutu, Sulawesi Tenggara umur 2 tahun setelah sambung samping.

PBK merupakan hama penting pada pertanaman kakao di Indonesia. Menurut Lim dalam Anshary (2001) kerugian yang ditimbulkan hama PBK adalah biji kakao menjadi rusak sehingga menurunkan produksi mencapai 90%. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu adanya varietas atau klon dengan karakter produksi tinggi dan tahan hama PBK. Perolehan bahan tanam menjadi sangat mudah jika di daerah tersebut terdapat plasma nutfah lokal kakao yang tahan PBK. Ketersediaan klon unggul lokal menjadi penting mengingat Indonesia merupakan negara kepulauan, sehingga dapat meminimalisir perpindahan organisme pengganggu tanaman (OPT) antar pulau.

Tulisan ini bertujuan memberikan informasi tentang pemuliaan tanaman partisipatif dan teknik sambung samping dalam perakitan varietas unggul baru kakao tahan hama PBK.

PEMULIAAN TANAMAN PARTISIPATIF

Petani dan pemulia bersama-sama melakukan observasi dan seleksi terhadap bahan tanaman yang ada di kebun petani berdasarkan karakteristik keunggulan tertentu sehingga terpilih bahan tanaman yang unggul. Hal ini dikenal dengan istilah pemuliaan tanaman partisipatif.

Pada dasarnya pencarian bahan tanaman antara pemulia dengan petani mempunyai prinsip dan kriteria dasar utama yang sama, yaitu (1) produksi tinggi, (2) mutu hasil baik, yang berkaitan dengan rasa, warna, bentuk, ukuran dan kandungan zat tertentu, (3) beradaptasi terhadap lingkungan seperti ketinggian tempat, kesuburan tanah, mikro-klimat dan keamanan, (4) efisiensi terhadap penggunaan sarana produksi, seperti pupuk, pestisida dan herbisida, dan (5) memiliki ketahanan terhadap hama penyakit tertentu (Suhendi, 2006).

Sulawesi 1 dan Sulawesi 2 merupakan contoh klon unggul kakao yang dihasilkan melalui kegiatan pemuliaan tanaman partisipatif

(Susilo, 2015). Metode seleksi ini dilakukan secara partisipatif dengan menggunakan sampel tanaman hasil penanaman petani. Jumlah tanaman sampel untuk pengamatan sebanyak 15-25 pohon per klon yang merupakan hasil perbanyakan sambung samping (Susilo, 2013). Kegiatan ini dapat menghasilkan klon kakao baru yang dapat dikembangkan menjadi klon anjuran. Klon-klon tersebut dapat menambah kekayaan sumberdaya genetik lokal untuk pengembangan klon spesifik lokasi sesuai agroklimat setempat.

Pada prinsipnya PTP memiliki prinsip yang sama dengan pemuliaan yang dilakukan peneliti di lembaga penelitian, di mana salah satu metode pemuliaan tanaman dalam rangka pelepasan varietas adalah metode observasi. Populasi tanaman calon varietas unggul yang akan dilepas diobservasi pada beberapa agroklimat atau lingkungan yang berbeda secara tegas. Lingkungan yang berbeda ini merupakan lingkungan tempat dilakukan uji multilokasi seperti pada pemuliaan tanaman formal (PTF). Pengamatan dilakukan secara mendalam terhadap materi-materi genetik calon varietas unggul di tiga lokasi dengan beberapa ulangan selama tiga tahun produksi. Namun demikian diperlukan penelusuran silsilah dari materi-materi genetik yang dimaksud agar diperoleh informasi bahwa materi genetik tersebut memang berbeda dengan materi induknya yang telah dilepas sebelumnya antara lain melalui analisis DNA (Wardiana, 2015).

TEKNIK SAMBUNG SAMPING

Melalui Gerakan Nasional Kakao (Gernas Kakao) tahun 2009 dicanangkan beberapa program, salah satunya adalah rehabilitasi tanaman kakao yang produksinya kurang maksimal namun masih sehat, direhabilitasi dengan penggunaan sambung pucuk dan sambung samping (*Side cleft grafting*). Sambung samping dilakukan untuk tujuan rehabilitasi tanaman kakao yang sudah tidak produktif. Entres diambil dari klon-klon

unggul berupa cabang-cabang plagiotrop yang sehat dan tidak bertunas (*flush*) (Ardiyani & Yuliasmara, 2015). Tanaman kakao yang ada di petani digunakan sebagai batang bawah dan disambung samping menggunakan entres yang berupa klon-klon unggul nasional. Tanaman hasil sambung samping di Sulawesi Tenggara memperlihatkan performa yang baik dan tanaman dapat berproduksi hingga 2,34 ton/ha/tahun biji kering dengan menggunakan klon ICS 60 sebagai sumber entres (Limbongan, 2011).

Keberhasilan perbanyakan melalui grafting dan okulasi dapat mencapai 90% (Lopes *et al*, 2011). Keberhasilan sambung samping tersebut mulai diterapkan oleh petani-petani di daerah Sulawesi selatan. Petani menggunakan entres dari tanaman-tanaman yang berbuah lebat yang diseleksi dari kebun mereka. Hal ini sejalan dengan kegiatan pemuliaan tanaman partisipatif, yang melibatkan petani dalam proses seleksi klon-klon lokal berdasarkan beberapa karakter seperti daya hasil, mutu dan ketahanan terhadap hama dan penyakit utama.

Beberapa klon kakao yang digunakan entresnya dalam kegiatan sambung samping program gernas adalah ICS 13, ICS 60, Hibrida, Sulawesi1, Sulawesi 2, RCC 70, ICCRI 03, ICCRI 04, Polman, M 01, dan Luwu Utara. Penggunaan entres klon lokal untuk mendukung program rehabilitasi melalui sambung samping, selain dapat meningkatkan produktivitas juga dapat mencegah penyebaran hama dan penyakit dari satu daerah ke daerah lain, mengurangi biaya transportasi entres, dan memperkecil resiko kerusakan entres akibat pengangkutan jarak jauh (Limbongan, 2011). Beberapa plasma nutfah lokal kakao berada di Desa Asunde, Kecamatan Besulutu Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi. Tiga diantaranya menunjukkan keunggulan yaitu BSK 1, BSK 2, Polman. Keragaan tanaman dan buah klon kakao BSK 1 dan Polman pada umur 18 bulan setelah sambung samping dibandingkan klon Sulawesi 1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Keragaan tanaman dan buah klon kakao:(a) Sulawesi 1, (b) BSK 1, dan (c) Polman pada umur 18 bulan setelah sambung samping

Figure 1. Tree and fruit performance of cacao clones: (a) Sulawesi 1, (b) BSK 1, and (c) Polman at 18 months after grafting

PERAKITAN VARIETAS UNGGUL BARU KAKAO (*Theobroma cacao* L.) TAHAN PENGGEREK BUAH KAKAO (PBK)

Perakitan varietas unggul tanaman melalui kegiatan pemuliaan tanaman memerlukan bahan tanaman dengan karakteristik tertentu yang diperoleh dari koleksi plasma nutfah. Kegiatan dimulai dengan eksplorasi, dilanjutkan dengan evaluasi, pengujian dan seleksi genotipe, persilangan antar genotipe, pengujian keturunan (*progeny test*) dan pemilihan individu pohon terpilih untuk menghasilkan klon baru (Winarno & Suhendi, 2010). Keragaman genetik yang luas pada populasi tanaman kakao sangat diperlukan untuk mendapatkan ketahanan horisontal, untuk mengatasi ledakan serangan hama dan penyakit.

Kegiatan evaluasi plasma nutfah kakao diarahkan pada sifat daya hasil, mutu, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit utama (Susilo, 2005). Sifat daya hasil kakao dicerminkan oleh jumlah buah per pohon, jumlah biji per buah, dan indeks buah (*pod index*) (Sounigo *et al*, 2006). Sedangkan mutu

hasil dicerminkan oleh kadar lemak biji, jumlah biji per 100 g, berat satu biji kering, rendemen dan kadar kulit biji, dan khusus untuk kakao mulia dihitung persentase warna biji putih per buahnya. Kriteria yang diharapkan antara lain rerata jumlah biji/buah lebih dari 30 biji, berat kering per biji > 1 g, rendemen lebih dari 30%, dan kandungan lemak lebih dari 50%, serta kadar kulit biji kurang dari 11% (Anita-Sari, Susilo, & Mawardi, 2015). Beberapa klon unggul kakao dengan sifat rentan, moderat, dan tahan terhadap PBK dapat dilihat pada Tabel 1. Beberapa klon tersebut diperoleh dari kegiatan PTP, antara Sulawesi 1, Sulawesi 2, MCC 01, dan MCC 02.

Tabel 1. Karakteristik ketahanan terhadap PBK, daya hasil, dan bobot per biji kering beberapa klon kakao

Table 1. Characteristics of cacao pod borer resistance, yield, weight per dried seed of cacao clones

Klon	Ketahanan PBK	Daya hasil(ton/ha)	bobot/biji kering (g)
GC 7	Rentan	2,0	1,24
ICS 13	Rentan	1,83	1,05
AP 70	Moderat	2,03	1,18
AP 71	Moderat	1,89	1,18
AP 72	Moderat	2,01	1,16
AP 73	Moderat	1,89	1,15
ICS 60	Rentan	1,5	1,67
TSH 858	Rentan	1,76	1,15
ICCRI 03	Moderat	2,06	1,27
ICCRI 04	Rentan	2,09	1,28
Sulawesi 1	Rentan	1,8-2,5	1,1
Sulawesi 2	Tahan	1,8-2,75	1,27
SCA 6	-	1,54	0,65-0,8
DRC 15	-	1,542	1,16
ICCRI 06 H	-	2,183	1,07
ICCRI 7	Moderat	1,903	0,8-1,15
Sulawesi 3	Tahan	1,837	0,75-0,78
MCC 01	Moderat	3,672	1,75
MCC 02	Moderat	3,132	1,61

Sumber: Direktorat Jendral Perkebunan (2014).

EVALUASI KETAHANAN KLON LOKAL BESULTU TERHADAP HAMA PENGGEREK BUAH KAKAO (PBK)

Evaluasi ketahanan terhadap PBK dilakukan di daerah endemik PBK, dilakukan selama tiga tahun untuk melihat tingkat serangan PBK dari tahun ke tahun. Kriteria persentase biji lengket, jumlah lubang masuk larva, dan jumlah lubang keluar larva merupakan indikator-indikator pengamatan dan penilaian suatu klon kakao termasuk tahan atau rentan (Susilo *et al*, 2009).

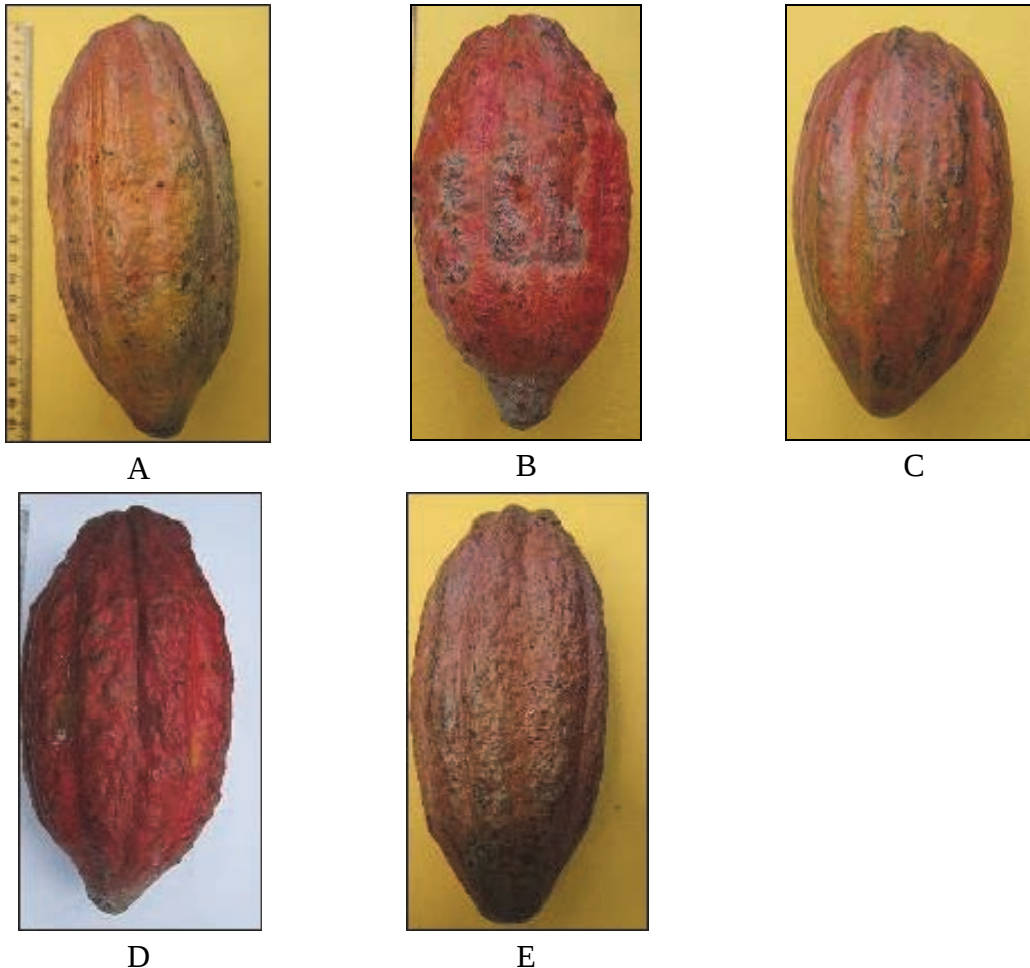
Karakteristik klon kakao tahan PBK antara lain permukaan buah halus dan persentase biji lengket rendah. Klon BSK 1 mempunyai karakteristik permukaan buah halus, berbeda dengan klon yang lainnya (Gambar2). Panda & Khush, (1995) melaporkan bahwa mekanisme ketahanan tanaman terhadap hama dapat terjadi

melalui mekanisme antixenosis, antibiosis dan toleran. Mekanisme antixenosis terjadi bila tanaman dapat menurunkan kesukaan (*preference*) hama dalam peletakan telur atau makanan, sedangkan mekanisme antibiosis terjadi bila tanaman mampu menghambat pertumbuhan hama yang menginfeksi dalam jaringan tanaman.

Perbedaan karakteristik permukaan kulit buah juga dilaporkan berpengaruh terhadap kesukaan peletakan telur serangga PBK. Azhar & Lee (2004) menyebutkan bahwa buah-buah yang permukaan kulitnya kasar lebih disukai oleh serangga PBK untuk bertelur. Lim *et al*. (1992) melaporkan bahwa telur PBK lebih banyak ditemukan di bagian alur buah (*furrow*) dibandingkan di bagian puncak buah (*ridge*), dimana kedalaman alur sebagai cerminan tingkat kekasaran permukaan kulit buah. Menurut Teh, Pang, & Ho (2006), telur PBK yang diletakkan pada buah yang permukaannya kasar akan lebih

terlindung dari limpasan air hujan. Diketahui bahwa pada klon dengan permukaan kulit buah kasar ditemukan lebih banyak lubang masuk larva dibandingkan pada klon dengan permukaan kulit buah halus (Susilo *et al.*, 2004). Namun demikian tingkat kekasaran

permukaan kulit buah diduga hanya berperan mengurangi tingkat kesukaran peletakan telur PBK namun seberapa besar tingkat kerusakan buah akibat PBK masih ditentukan oleh faktor-faktor ketahanan yang lain.



Gambar2. Bentuk dan permukaan buah pada lima klon kakao: a) Sulawesi 1, b) Sulawesi 2, c) BSK 1, d) BSK 2, dan e) Polman

Figure 2. Fruit's shape and surface of five cacao clones : a) Sulawesi 1, b) Sulawesi 2, c) BSK 1, d) BSK 2, and e) Polman

Berdasarkan hasil pengamatan, klon BSK 1 mempunyai lubang masuk dan keluar paling sedikit dibandingkan dua klon lokal lainnya serta klon pembanding Sulawesi 1. Jumlah lubang masuk dan

keluar pada klon BSK 1 tidak berbeda jauh dengan klon pembanding Sulawesi 2 yang memiliki keunggulan tahan terhadap PBK (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai rata-rata jumlah lubang masuk, jumlah lubang keluar dan nisbah lubang keluar per lubang masuk pada lima klon cacao

Table 2. Average value of entry hole, number of exit hole and ratio of exit/entry holes of 5 cacao clones

No	Jenis Klon	Jumlah lubang masuk <i>Number of entry holes</i>	Jumlah lubang keluar <i>Number of exit holes</i>	Nisbah lubang keluar/lubang masuk <i>Ratio exit/entry holes</i>
1	Sulawesi 1	18.32	17.84	0.97
2	Sulawesi 2	1.85	1.02	0.55
3	BSK 1	2.46	1.41	0.57
4	BSK 2	22.5	16.5	0.73
5	Polman	24	17.2	0.71

Sumber: Sulistyorini *et al* (2014)

Jumlah lubang masuk, lubang keluar serta nisbah lubang keluar/lubang masuk berhubungan dengan tingkat persentase biji lengket, intensitas serangan dan persentase serangan PBK. Hal tersebut menunjukkan intensitas serangan terkait langsung dengan aktivitas serangga PBK di dalam kulit buah. Nilai nisbah lubang keluar dan lubang masuk larva merupakan peubah yang berguna untuk mengetahui tingkat pergerakan larva PBK keluar dari dalam buah. Semakin tinggi nilainya akan semakin tinggi tingkat pergerakan larva keluar dari dalam buah (Susilo, *et al.*, 2004).

Intesitas serangan adalah suatu besaran yang menggambarkan tingkat kerusakan. Intensitas serangan diukur berdasarkan biji lengket pada setiap buah yang diamati. Tingkat serangan PBK diberi pembobot dengan skor 0 (buah sehat), 1 (buah terserang ringan), 3 (buah terserang sedang), dan 9 (buah terserang berat) (Gambar 3). Untuk menghitung intensitas serangan PBK digunakan rumus :

$$IS = \frac{(0 \cdot sh + 1 \cdot R + 3 \cdot S + 9 \cdot B)}{AT}$$

Ket :

IS = intensitas serangan

Sh = jumlah buah sehat

R = jumlah buah terserang ringan

S = jumlah buah terserang sedang

B = jumlah buah terserang berat

AT = total jumlah buah yang diamati.

Persentase Serangan hama PBK dihitung dengan rumus Sulistyowati & Susilo (2003) sebagai berikut:

$$P = \frac{a}{a + b} \times 100\%$$

Ket:

P= % Buah terserang

a = Jumlah buah terserang PBK/pohon

b = Jumlah buah yang tidak terserang PBK/pohon

Menurut Lim (1992) terdapat tiga kategori serangan PBK terhadap tanaman kakao, yaitu serangan berat 54%, serangan sedang 34% dan serangan ringan 12%. Nilai skor untuk kategori intensitas kerusakan adalah sebagai berikut :

1 = Jika X > 54%

3 = Jika 12% < X < 54%

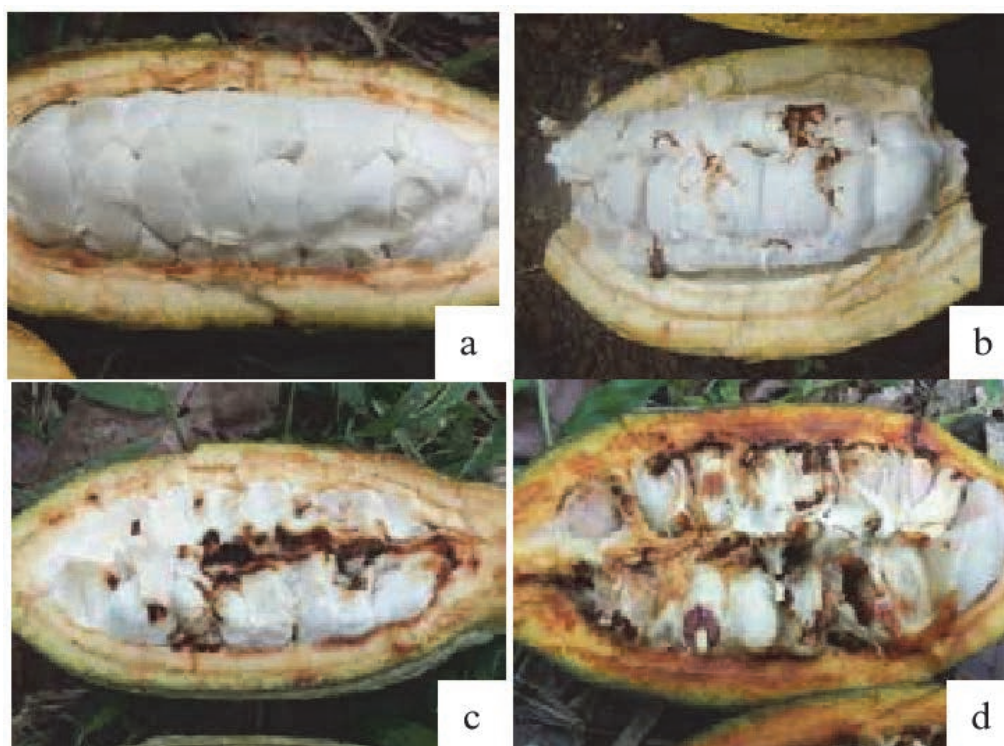
5 = Jika X < 12%

Berdasarkan persentase biji lengket, respon tanaman diklasifikasikan atas ringan (biji lengket <20%), sedang (biji lengket 20-50%) dan berat (biji lengket >50%) (Azhar, 1995).

Hasil pengamatan terhadap persentase biji lengket menunjukkan klon

BSK 1 termasuk kategori serangan ringan sama dengan klon pembanding Sulawesi 2. Sedangkan klon BSK 2 termasuk kategori serangan sedang sama dengan klon Sulawesi 1 (Tabel 3). Demikian juga hasil pengamatan berdasarkan indikator

persentase dan intensitas serangan klon BSK 1 menunjukkan skor yang paling rendah dibandingkan klon lokal lainnya dan klon pembanding Sulawesi 1 dan Sulawesi 2.



Gambar 3. Kategori tingkat kerusakan buah: (a) sehat, (b) ringan, (c) sedang, dan (d) berat (Sumber: Soesanthy & Samsudin, 2014)

Figure 3. Categories of fruit damage; (a) healthy, (b) mild, medium, and (d) severe (Source: Soesanthy & Samsudin, 2014)

Tabel3. Nilai rata-rata beberapa karakter ketahanan buah terhadap serangan hama penggerek buah kakao (PBK)

Table 3. Average value of fruit resistant characteristics to cacao pod borer

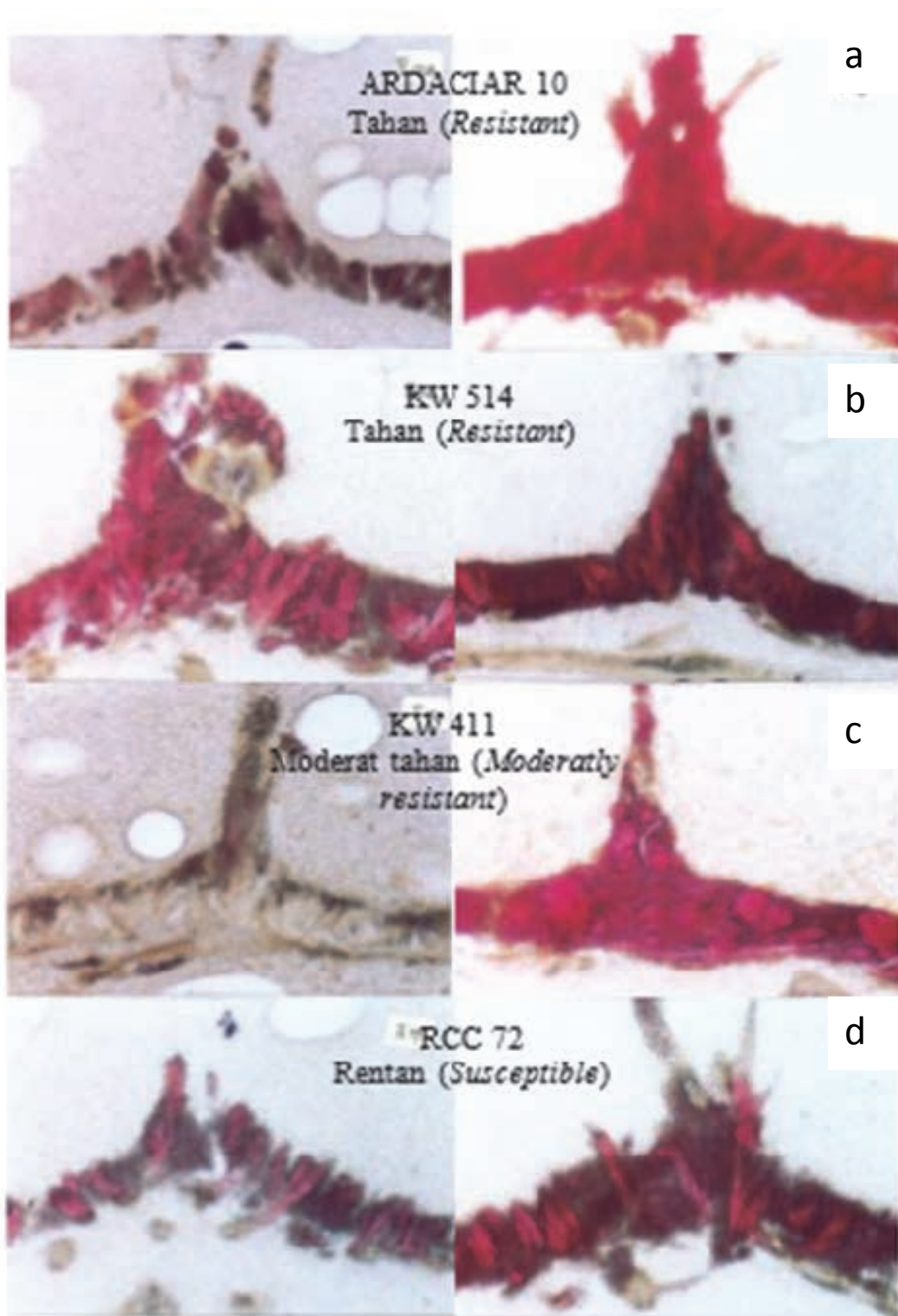
No	Jenis Klon	Persentase Biji Lengket (%) <i>percentage of unextracable beans (%)</i>	Intensitas serangan PBK (%) <i>Intensity of CPB</i>	Persentase serangan PBK (%) <i>Percentage of CPB</i>	Kategori serangan <i>Category</i>	Permukaan buahPod <i>surface</i>
1	Sulawesi 1	24.65	64.16	51.42	Berat	Agak kasar
2	Sulawesi 2	10.84	18.33	39.28	Ringan	Agak kasar
3	BSK 1	6.17	5.83	6.67	Ringan	Halus
4	BSK 2	40	30	40	Sedang	Kasar
5	Polman	58.65	67.5	55	Berat	Kasar

Sumber: Sulistyorini et al (2014)

Karakteristik sifat ketahanan PBK perlu diketahui guna menentukan berbagai alternatif kriteria seleksi. Susilo *et al.* (2004) melaporkan bahwa proporsi biji lengket akibat PBK berkorelasi positif dengan jumlah lubang masuk larva yang ditemukan pada lapisan mesokarp buah. Berdasarkan jejak larva di dalam buah maka dapat dilakukan identifikasi karakteristik sifat-sifat buah yang berperan dalam penghambatan pergerakan larva di dalam lapisan mesokarp buah. Azhar & Lim (1987) melaporkan terdapat hubungan berbanding terbalik antara tingkat kekerasan lapisan sklerotik buah dengan tingkat kematian larva instar satu sehingga kekerasan lapisan sklerotik buah dianggap sebagai faktor penghambat perkembangan larva. Namun di sisi lain, Susilo *et al.* (2004) melaporkan bahwa respons ketahanan PBK tidak terkait dengan tingkat kekerasan jaringan sklerotik sebab klon yang lapisan sklerotiknya keras juga rentan terhadap serangan PBK. Susilo (2005) kemudian melaporkan hasil karakterisasi jaringan sklerotik buah berdasarkan lignifikasi jaringan, dan diketahui terdapat hubungan antara nisbah lubang keluar larva terhadap lubang masuk larva dengan banyaknya bagian jaringan yang tidak terlignifikasi (*channel*). Dalam hal ini diketahui bahwa lignifikasi tersebut berperan dalam penghambatan pergerakan larva keluar dari dalam buah. Namun demikian belum diketahui apakah lignifikasi tersebut juga berpengaruh terhadap pergerakan larva masuk ke dalam buah, dan pengaruhnya bersifat fisik atau kimiawi.

Susilo, Mangoendidjojo & Witjaksono (2007) melakukan studi ketahanan klon kakao terhadap hama PBK dengan mengamati karakteristik jaringan kulit buah kakao, tempat aktivitas peletakan telur dan pergerakan larva pada klon tahan ARDACIAR 10 (Gambar 4a) dan KW 514

(Gambar 4b) dan, moderat tahan KW 411 (Gambar 4c), dan rentan RCC 72 (Gambar 4d). Karakterisasi berdasarkan keragaan anatomi jaringan trikoma, granula tanin, dan lignifikasi jaringan sklerotik dilakukan dengan metoda mikrokimia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampel buah muda klon tahan dan moderat tahan memiliki tingkat kepadatan jaringan trikoma lebih tinggi dibandingkan klon rentan. Granula tanin lebih banyak ditemukan pada buah muda dengan variasi yang menunjukkan keterkaitan dengan ketahanan PBK. Jumlah granula tanin klon tahan dan moderat tahan lebih tinggi dibandingkan klon rentan, baik yang ditemukan di bagian alur maupun di puncak permukaan kulit buah. Granula tanin ternyata lebih banyak terdistribusi pada jaringan di bagian puncak daripada di bagian alur. Perbedaan karakteristik antara klon tahan dan moderat tahan ternyata terletak pada tingkat lignifikasi jaringan sklerotik. Jaringan sklerotik klon tahan (Gambar 4a-b) menunjukkan tingkat lignifikasi yang lebih intensif dan lebih kompak dibandingkan klon moderat tahan dan klon rentan. Demikian pula diketahui bahwa ketebalan jaringan sklerotik di bagian alur klon tahan lebih tinggi dibandingkan klon moderat tahan dan klon rentan. Jaringan sklerotik sampel buah muda klon moderat tahan belum menunjukkan proses lignifikasi yang intensif sehingga umur berpengaruh terhadap proses lignifikasi jaringan sklerotik. Perbedaan tingkat lignifikasi dan kekompakan jaringan sklerotik buah di bagian alur pada buah muda (kiri) dan buah tua (kanan) beberapa klon kakao dengan respons ketahanan PBK berbeda (perbesaran 4 x 10) terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbedaan tingkat lignifikasi dan kekompakan jaringan sklerotik buah di bagian alur pada buah muda (kiri) dan buah tua (kanan) beberapa klon kakao dengan respons ketahanan PBK berbeda (perbesaran 4 x 10) (Sumber: Susilo, Mangoendidjojo & Witjaksono, 2007).

Figure 4. Differences of lignification level and fruit schlerotic tissue compactness at the ridge in immature fruit (left) and mature fruit (right) of several cacao clones with different cacao pod borer resistance responds (zoomed at 4 x 10) (Source: Susilo, Mangoendidjojo & Witjaksono, 2007).

KESIMPULAN

Pemuliaan tanaman partisipatif dan teknik sambung samping merupakan dua metode yang dapat mempersingkat waktu perolehan varietas unggul baru kakao tahan PBK. Klon-klon kakao tahan yang sudah diperoleh antara lain Sulawesi 2, Sulawesi 3, MCC 01, dan MCC 02. Beberapa klon yang sedang diobservasi, seperti BSK1, BSK 2, dan Polman di Besulutu, Sulawesi Tenggara memiliki keragaman respons terhadap serangan hama PBK. Berdasarkan seleksi awal klon lokal BSK 1 memiliki respons ringan terhadap serangan PBK, namun demikian perlu pengamatan lanjutan dengan berbagai macam indikator pengamatan ketahanan serta komponen daya sehingga klon ini nantinya dapat dilepas sebagai klon tahan terhadap serangan PBK.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada bapak Adam Malik sebagai pemilik kebun kakao untuk kegiatan penelitian. Ucapan terimakasih kami sampaikan juga kepada Imran, S.P., M.Si, dan Dr. Baharudin (Peneliti BPTP Sulawesi Tenggara) dan para teknisi yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anita-Sari, I., Susilo, A.W., & Mawardi, S. (2015). Seleksi dan pemuliaan kakao. In Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (Eds), *Kakao (Sejarah, botani, proses produksi, pengolahan, dan perdagangan)*. (pp. 36-59). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Anshary, A. (2009). Penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Teknik pengendaliannya yang ramah lingkungan). *J. Agroland* 16 (4), 258-264.
- Anshary, A., 2001. Perlu Keterpaduan dalam Pengelolaan Hama PBK di Sulawesi Tengah. Hafian Mercusuar (Edisi Juli, 2001).
- Ardiyani, F., & Yuliasmara, F. (2015). Perbanyak Tanaman kakao. In Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (Eds), *Kakao (Sejarah, botani, proses produksi, pengolahan, dan perdagangan)*. (pp. 114-126). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Azhar I., & Lee, M.T. (2004). Perspective for cocoa cultivation in Malaysia: Re-look at the economic indicators. *Malaysian Cocoa Journal* 1, 6-22.
- Azhar, I. & Lim, D.H.K. (1987). An investigation on the use of host plant resistance and crop manipulation in the management of the cocoa pod borer. p. 83—101. In: Ooi, P.A.C (Ed.). Management of the Cocoa Pod Borer. The Malaysian Cocoa Plant Protection Society, Kuala Lumpur.
- Azhar, I. (1995). An overview on the management of key insect pests Of cocoa with major emphasis on the cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*. *The Planters* 71, 469-480.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2014). Kumpulan SK Menteri Pertanian tentang Pelepasan Varietas Tanaman Kakao. Subdit Penilaian Varietas dan Pengawasan Mutu Benih. Direktorat Perbenihan dan sarana Produksi. Jakarta.
- Lim, G.T. (1992). Biology, Ecology, and control of Cocoa Pod Borer, *Conopomorpha cramerella* pp.85-100. In Keane P.J., & C.A.J. Putter (eds.) *Cocoa Pests and Diseases Management in Southeast Asia and*

- Australasia. FAO Plant Production and Protection Paper. FAO. United Nations. Rome.
- Limbongan, J. (2011). Kesiapan Penerapan teknologi Sambung Samping untuk Mendukung Program Rehabilitasi tanaman Kakao. *Jurnal Litbang Pertanian*. 30(4), 156-162.
- Lopes, U.V., Monteiro, W.R., Pires, J.L., Clement, D., Yamada, M.M., Gramacho, K.P. (2011). Cacao breeding in Bahia, Brazil - strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 11, 73-81.
- Panda, N., & Khush, G.S. (1995). *Host Plant Resistance to Insect*. 1st. CAB International, International Rice Research Institute. Manila.
- 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.
- Soesanthy, F & Samsudin. (2014). Pengaruh beberapa jenis formula insektisida nabati untuk melindungi buah kakao dari serangan penggerek. *J. TIDP* 1(2), 69-78.
- Sounigo, O., Bekele, F.L., Iwaro, A.D., Thevenin, J-M., Bidaisee, G., Umaharan, R., Sankar, A., Sukhar, D., Motila, L., Butler, D.R., & Eskes, A.B. (2006). Description of cocoa clones proposed for the "CFC/ICCO/IPGRI project collection". In Eskes, A.B., & Efron, Y. (editors). *Global Approaches to Cocoa Germplasm Utilization and Conservation*. Final report of CFC/ICCO/IPGRI project on Cocoa Germplasm Utilization and Conservation: a "Global Approaches" (1998-2004). CFC Technical Paper No. 50.
- Suhendi, D. (2006). Partisipasi pekebun dalam kegiatan pemuliaan tanaman untuk memperoleh bahan tanam unggul kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 22(2), 52-58.
- Suhendi, D. (2008). Rehabilitasi Tanaman kakao: Tinjauan potensi, permasalahan, dan rehabilitasi tanaman kakao di desa Prima Tani Tonggolobibi. Hal. 335 – 346. Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Inovasi Lahan Marginal. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. Jember.
- Sulistiyorini, I., Rubiyo, Wicaksono, I.N.A., Tresniawati, C., Baharuddin, Imran, & Agus Salim. (2014). Evaluasi klon harapan kakao hasil klonalisasi. In Harni, R., Hasibuan, A.M., Wardiana, E., Towaha, J., Indriati, G., Ferry, Y., Sakiroh, Catur. N.S (Eds), *Laporan Teknis Penelitian Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar T.A.* 2013 (pp.45-54). Balittri, Balitbangtan, Kementan.
- Susilo, A.W. (2005). Pengelolaan plasma nutfah kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 21(1), 33-41.
- Susilo, A.W. (2013). Peran petani dalam pengembangan klon-klon lokal di Sulawesi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 25(3), 1-6.
- Susilo, A.W. (2015). Bahan tanam kakao. In Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (Eds), *Kakao (Sejarah, botani, proses produksi, pengolahan, dan perdagangan)*. (pp. 79-109). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Susilo, A.W., & Anita-Sari, I. (2011). Respons ketahanan beberapa hibrida kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap serangan penyakit pembuluh kayu (*Vascular-streak Dieback*). *Pelita Perkebunan*, 27(2), 77-87.
- Susilo, A.W., Mangoendidjojo, W., & Witjaksono. (2007). Hubungan Karakteristik Jaringan Kulit Buah Beberapa Klon Kakao (*Theobroma cacao* L.) Dengan Sifat Ketahanan Terhadap Hama Penggerek Buah

- Kakao. *Pelita Perkebunan*, 23(3), 159—175.
- Susilo, A.W., Mangoendidjojo, W., Witjaksono, Sulistyowati, E., & Mawardi, S. (2009). Respons Ketahanan Beberapa Klon Kakao (*Theobroma cacao* L.) Terhadap Hama Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.) di Wilayah Sulawesi Tengah. *Pelita Perkebunan* 2009, 25(3), 161—173.
- Susilo, A.W., Sulistyowati, E., & Mufrihati, E. (2004). Eksplorasi genotipe kakao tahan hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *Pelita Perkebunan*, 20, 1—12.
- Teh, C.L., Pang, J.T.Y., Ho, C.T. (2006). Variation of the response of clonal cocoa to attack by cocoa pod borer *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Sabah. *Crop Protection*, 25, 712-717.
- Wardiana, E. (2015). Metode Pemuliaan Partisipatif sebagai konsep dasar percepatan pelepasan varietas unggul tanaman perkebunan. *Medkom Perkebunan Tanaman Industri dan Penyegar* 3(4), 25.
- Winarno, H., & Suhendi, D. (2010). Bahan Tanam Kakao. *Dalam Buku Pintar Budidaya kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Agromedia. Jakarta

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah merupakan karya tulis tinjauan hasil penelitian dan pengembangan, hasil antara penelitian tanaman industri dan penyegar yang belum pernah diterbitkan.
2. Ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dan diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 1,5 spasi, tidak kurang dari 25 halaman, dalam format MS Word, font Times New Roman dengan ukuran 12.
3. Judul ringkas, padat, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan serta tidak lebih dari 15 kata.
4. Nama penulis ditulis tanpa gelar
5. Abstrak dan kata kunci ditulis dalam Bahasa Indonesia, sedangkan Abstract dan keywords dalam Bahasa Inggris.
6. Struktur naskah terdiri dari Pendahuluan, Isi dan Penutup. Apabila merupakan hasil antara penelitian struktur naskah dapat terdiri dari Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, dan Kesimpulan.
7. Ucapan terima kasih bila dipandang perlu dapat dikemukakan diakhir naskah.
8. Daftar Pustaka memuat nama pengarang yang disusun secara alfabetis, tahun terbit, judul dan penerbit.
9. Naskah dikirimkan satu rangkap beserta Surat Pengantar dari institusi masing-masing dan menyertakan naskah elektronik yang ditujukan ke alamat redaksi Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar.
10. Naskah dikirim kepada Unit Publikasi Balittri sebanyak satu eksemplar disertai file elektronik atau melalui E-mail :upublikasi@gmail.com

ISSN 2337-3946



9 772337 394602