

Keberadaan Mikroorganisme Tanah pada Areal Rehabilitasi *Takino Soil Protection Sheet* dan Kemampuan Menahan Erosi Permukaan di Kaldera Gunung Batur

I NYOMAN TRYADI CAHYA NUGRAHA
MADE SRITAMIN^{*)}
I GEDE PUTU WIRAWAN

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana.
Jln. P.B. Sudirman, Denpasar, 80231, Bali
^{*)}Email: madesritamin@gmail.com

ABSTRACT

Existence of Microorganism On Rehabilitation Area by *Takino Soil Protection Sheet* and Capability to Resist Soil Erosion in the Volcanic Devastated Site in Mt. Batur

The goal of this research was to know the existence of microorganism on rehabilitation area of Takino Soil Protection Sheet (TSPS) and capability to resist soil erosion in the volcanic devastated site of Mt. Batur. This research used total plate count method to obtain mikroorganism colony, soil separating method to obtain mycorrhizal fungi spores, staining root method to find out percentage of mycorrhizal fungi spores on the roots and capability to resist erosion by measuring the soil trapped on the TSPS. The isolation results showed the number of bacteria colonies has been increase as much as 123%, while the number of fungi spores also increase as much as 100% in the area covered by TSPS. The results of trapping mycorrhizal fungi spores on the area covered by TSPS is 63/100g soil, in the area non covered by TSPS is 21/100g soil. The percentage of mychorrizal fungi infection in the plant roots on the area covered by TSPS is 27,5%. The result showed the average capability of TSPS to resist erosion is 5,26 cm over 3 years after implementation of TSPS.

Keywords: Takino Soil Protection Sheets, Soil Microorganism, Mychorriza, Mt. Batur, Soil Erosion

1. Pendahuluan

Pasca letusan Gunung Batur yang terus terjadi berulang kali sejak 1804 sampai 2000 (Badan Pengelola Gunung Api Batur *dalam* Nandini dan Narendra, 2011) memberikan dampak terhadap perubahan kondisi ekosistem pada wilayah sekitarnya menjadi tidak produktif, kekeringan, dan merusak vegetasi dan lahan pertanian di wilayah tersebut. Lahan di Gunung Batur mempunyai topografi bergelombang, berbatuan, dan berpasir, diperparah sampai saat ini masih aktif dijadikan sebagai titik

galian C. Menurut Bappeda Provinsi Bali (2009), sampai tahun 2008 luas lahan kritis di wilayah Gunung Batur mencapai 3.565,51 ha atau sekitar 2,24 % dari total luas lahan kritis di Provinsi Bali.

Tahun 2015 Universitas Udayana berkerjasama dengan Yamaguchi University dan Takino.inc melakukan aplikasi teknologi *Takino Soil Protection Sheet* di beberapa titik di wilayah Songan, Kintamani dalam upaya rehabilitasi lahan kritis. Teknologi ini berfungsi untuk mengontrol keadaan tanah agar tetap terjaga kondisinya, sehingga bisa menjadi tempat yang cukup baik untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah yang akan berperan aktif memperbaiki kondisi tanah, selanjutnya akan diharapkan mampu menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, berfungsi untuk: 1). Mencegah aliran air permukaan, 2). Mempertahankan kelembaban tanah, 3). Mencegah erosi permukaan tanah, 4). Pembentukan lapisan tanah secara perlahan, 5). Sebagai media tumbuh bagi vegetasi tumbuhan-tumbuhan pionir, dan 6). Sebagai tempat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah (Wirawan, 2015).

Besarnya potensi dari pemanfaatan *Takino Soil Protection Sheet* dalam menunjang keberadaan mikroorganisme yang hidup dibawahnya dan potensi untuk menahan erosi dipermukaan tanah, dengan penelitian ini akan ditelisik untuk mengetahui keberadaan mikroorganisme yang terdapat di wilayah tersebut dan kemampuan dalam menahan erosi permukaan tanah, selanjutnya mikroba yang diperoleh dapat diperbanyak untuk memperbanyak populasinya dan membantu proses rehabilitasi di wilayah tersebut serta dapat dijadikan alat untuk mengurangi resiko erosi yang terjadi dipermukaan.

2. Bahan dan Metode

2.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Gunung Batur merupakan salah satu gunung api di Bali yang masih aktif yang terletak di Kintamani, tercatat telah terjadi letusan sebanyak 26 kali dari tahun 1804 sampai 2000. Gunung Batur mempunyai topografi bergelombang, berbatuan, berpasir, dan masih aktif dijadikan sebagai titik galian C.

Wilayah ini juga tidak didukung oleh kondisi biotik dan abiotik yang baik akibat dari letusan gunung, diantaranya curah hujan, hidrologi, fisika tanah, kimia tanah dan biologi tanah berdasarkan data yang diperoleh dari Balai Besar Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika Wilayah III Denpasar, hasil analisis curah hujan mulai tahun 1989-2009 di Kintamani hanya memiliki rata-rata curah hujan 1750,9 mm/ tahun. Berdasarkan klasifikasi iklim *Schmidt-Ferguson* daerah penelitian termasuk tipe iklim E yang artinya agak kering dengan nilai $Q=1,143$.

2.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2016 sampai Februari 2017. Pengambilan sampel tanah dan akar tanaman serta mengukur erosi permukaan dilakukan di areal rehabilitasi TSPS yang berada pada site C yang berlokasi di Desa

Songan, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli. Sementara untuk proses isolasi dan pengamatan mikroorganisme dilakukan di Laboratorium Sumber Daya Genetika dan Biologi Molekuler Program Pascasarjana Unud.

2.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah saringan (*sieve*) berdiameter 1 mm, 500 μm , 212 μm , 106 μm , dan 53 μm , alat hitung (*Hand counter*), autoklaf, botol semprot, *centrifuge*, *cover glass*, gelas beaker 1000 ml, gelas beaker 100 ml, gunting, *hand sprayer*, higrometer, kaca preparat, kamera digital, *microscope compound*, *microscope stereo*, *microwave*, *petridish*, pipet mikro, pinset, timbangan analitik, penggaris, buku dan alat tulis.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah 100 g tanah sampel dan akar dari tanaman yang tumbuh disekitar areal rehabilitasi TSPS, *squades*, *lactoglycerol solution*, *tryphan blue solution*, HCl 1%, H₂O₂ 3%, KOH 10%.

2.4 Metode dan Pelaksanaan Penelitian

Metode dalam pelaksanaan penelitian untuk memperoleh data menggunakan beberapa teknik khusus dalam pengumpulan data, yaitu:

2.4.1 Pengambilan Sampel

Sampel diambil dari areal tanah yang tertutupi 3 lembar TSPS (TSPS A, TSPS B, TSPS C) dan areal tanah yang tidak tertutupi TSPS sebagai kontrol (non TSPS). Tanah yang tertutupi TSPS diambil pada 3 titik dalam areal lembaran sheet yang sama yaitu pada bagian atas, tengah dan bawah lalu dikompilasi menjadi satu sampel. Sampel tanah diambil disekitar daerah perakaran (*rhizosfer*) dari tanaman yang tumbuh diareal petak sampel secara acak pada kedalaman ± 10 cm dari permukaan tanah sebanyak 500gram secara komposit. Sedangkan sampel akar tanaman diambil dengan cara memotong akar- akar halus sepanjang 1-5cm.

2.4.2 Pengamatan Jumlah Mikroorganisme

Metode menghitung jumlah bakteri dan cendawan tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (Pelczar dan Chan, 1988). Adapun tahapan dalam pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

a. Isolasi Bakteri dan Jamur Tanah

Siapkan media LB (*Lactose Broth*) dan PDA (*Potato Dextrose Agar*) selanjutnya *autoclave* media tersebut selama 1 jam untuk selanjutnya dituangkan kedalam cawan petri sebanyak masing-masing 20 biji dan tunggu hingga padat.

Siapkan larutan sampel tanah yang akan di isolasi dengan menimbang tanah sampel sebanyak 10g lalu diletakkan kedalam tabung *erlenmeyer*, lalu ditambahkan *aquadest* sebanyak 90mL dan diaduk hingga homogen, Selanjutnya diambil cairan sebanyak 1mL untuk pengenceran hingga 10^{-6} , hasil pengenceran 10^{-1} sampai 10^{-3} diambil cairan sebanyak 0,1mL lalu dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah terisi media PDA dan hasil pengenceran 10^{-3} sampai 10^{-6} diambil cairan sebanyak

0,1mL lalu dimasukkan ke dalam cawan petri yang telah terisi media LB. Selanjutnya ratakan cairan yang telah dituangkan dengan menggunakan *triangle stick* hingga rata dan mengering, kemudian amati pertumbuhannya.

b. Isolasi Spora Mikoriza

Isolasi dengan menggunakan metode penyaringan basah dari Gerdemann & Nicolson (1963) yaitu dengan cara menimbang tanah sebanyak 100g, lalu dimasukkan kedalam gelas beker 1000 ml dan kemudian ditambahkan air sampai volume 1 liter. Tanah tersebut diaduk untuk memecah agregat tanah yang menggumpal, setelah itu didiamkan selama beberapa menit sampai partikel-partikel yang besar mengendap. Kemudian, tuangkan kedalam saringan bertingkat dengan diameter lubang 1 mm, 500 μm , 212 μm , 106 μm , 56 μm secara berurutan, lalu dialiri dengan bantuan air keran untuk memastikan bahwa semua partikel sudah tersaring dengan baik. Residu tanah pada saringan yang berukuran 212 μm , 106 μm , 56 μm dimasukkan kedalam tabung *centrifuge* dan ditambahkan air sebanyak 20ml, lalu di *centrifuge* dengan kecepatan 5000 rpm selama 5 menit. Supernatan yang dihasilkan dituangkan kedalam cawan petri untuk selanjutnya diamati dibawah mikroskope untuk melihat mikoriza. Hitung jumlah mikoriza yang ditemukan pada sampel.

2.4.3 Pengamatan Koloni Mikoriza pada Jaringan Akar

Pengamatan kolonisasi mikoriza pada jaringan akar tanaman dilakukan melalui teknik pewarnaan akar (*staining root*), metode ini diawali dengan 1). Sampel akar yang akan digunakan dicuci bersih hingga tanah yang melekat pada akar hilang. 2). Akar direndam dalam KOH 10% selama 24 jam. 3). Akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih, selanjutnya akar direndam dalam larutan H₂O₂ 3% selama 2 jam. 4). Akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih, selanjutnya akar direndam dalam larutan dalam HCl 1%, didiamkan selama 15 menit. 5). Akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih, selanjutnya akar direndam dalam larutan *trypan blue* 0,05% lalu dipanaskan dengan oven pada suhu 250°C, keluarkan gelas beker dari oven diamkan pada suhu ruangan selama 12 jam. 6). Buang larutan *trypan blue* 0,05%, kemudian rendam akar dengan larutan *lactoglycerol* lalu panaskan dengan oven pada suhu 250°C, keluarkan gelas beker dari oven diamkan pada suhu ruangan selama 24 jam. 7). Akar dipotong \pm 1 cm kemudian diletakkan berjajar pada preparat, masing-masing preparat berisi 10 potong akar, kemudian tutup dengan *cover glass*. Kemudian diamati struktur mikorizanya (hifa, arbuskula, vesikula, ataupun spora).

Berdasarkan tingkat presentase infeksi mikoriza pada tanaman menurut *The Instate of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service, Athena, Georgia* (Setiadi, et al., 1992) sebagai berikut : Kelas 1 bila infeksi akar 0% - 5% (sangat rendah), Kelas 2 bila infeksi akar 6% - 25% (rendah), Kelas 3 bila infeksi akar 26% - 50% (sedang), Kelas 4 bila infeksi akar 51% - 75% (tinggi), Kelas 5 bila infeksi akar 76% - 100% (sangat tinggi. Infeksi MVA pada akar dihitung menggunakan rumus Giovannety dan Mosse (Setiadi & Setiawan, 2011) sebagai berikut:

$$\text{Akar Terinfeksi (\%)} = \frac{\sum \text{Akar yang terinfeksi}}{\sum \text{Seluruh akar yang diamati}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (1)$$

2.4.4 Jumlah Vegetasi

Menghitung jumlah vegetasi yang tumbuh dia areal rehabilitasi *Takino Soil Protection Sheet* (TSPS) dilakukan secara manual, lalu dicatat dan dikelompokkan sesuai jenis tanaman untuk melihat jumlah tanaman yang mampu bertahan.

2.4.5 Kemampuan Menahan Erosi Permukaan Tanah

Pengukuran kemampuan *Takino Soil Protection Sheet* dalam menahan erosi permukaan dilakukan dengan cara mencari bidang tanah miring yang ditutupi TSPS, kemudian ketebalan tanah yang terbentuk pada sisi pinggir bagian lembaran yang terletak pada permukaan tanah yang miring diukur dengan menggunakan penggaris. Pengambilan titik sampel dilakukan secara acak pada lima titik yang masing-masing berjarak kurang lebih 30cm-100cm.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

3.1.1 Populasi Mikroorganisme Tanah

Hasil isolasi mikroorganisme bakteri dan cendawan dari 4 sampel yang diteliti jika diamati secara langsung dari banyaknya koloni yang tumbuh pada media biakan sudah terlihat jelas bahwa pada areal tanpa TSPS hanya terdapat sedikit mikroorganisme yang tumbuh.

Tabel 1. Jumlah dan persentase peningkatan mikroorganisme pada areal TSPS

Sampel	Jenis Mikroba	Ulangan				Rata-rata	Peningkatan mikroba (%)	Rata-rata peningkatan (%)
		I	II	III	IV			
TSPS A	Bakteri	$9,5 \times 10^6$	$9,5 \times 10^6$	$3,3 \times 10^6$	$4,1 \times 10^6$	$6,6 \times 10^6$	136	123
TSPS B		$6,2 \times 10^6$	$7,9 \times 10^6$	$5,6 \times 10^6$	$4,4 \times 10^6$	$6,0 \times 10^6$	114	
TSPS C		$6,0 \times 10^6$	$9,8 \times 10^6$	$4,9 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	$6,1 \times 10^6$	118	
Non TSPS D		$3,6 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$1,8 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	-	
TSPS A	Jamur	$4,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	$3,7 \times 10^2$	106	100
TSPS B		$3,4 \times 10^2$	$3,1 \times 10^2$	$4,5 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	$3,6 \times 10^2$	100	
TSPS C		$3,9 \times 10^2$	$4,6 \times 10^2$	$2,4 \times 10^2$	$3,1 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2$	94	
Non TSPS D		$2,4 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$	$1,3 \times 10^2$	2×10^2	$1,8 \times 10^2$	-	

Ket. : Jumlah bakteri dalam satuan *cfu*/ mL dan jamur dalam satuan spora/ mL. *cfu* = *colony forming unit*, mL = mililiter, persentase peningkatan mikroba merupakan hasil perhitungan jumlah mikroba pada areal dilapisi TSPS (TSPA A, TSPS B, TSPS C) yang dibandingkan dengan jumlah mikroba pada areal non TSPS D. Rata-rata peningkatan merupakan rata-rata dari persentase peningkatan mikroba pada areal dilapisi TSPS.

Jika dilakukan perhitungan jumlah koloni bakteri yang dikultur menunjukkan hasil, yaitu TSPS A $6,6 \times 10^6$ cfu/mL, TSPS B 6×10^6 cfu/mL, TSPS C $6,1 \times 10^6$

cfu/mL, dan non TSPS D $2,8 \times 10^6$ cfu/mL, sedangkan hasil jumlah spora jamur yang dikultur menunjukkan hasil, yaitu TSPS A $3,7 \times 10^2$ cfu/mL, TSPS B $3,6 \times 10^2$ cfu/mL, TSPS C $3,5 \times 10^2$ cfu/mL, dan non TSPS D $1,8 \times 10^2$ cfu/mL. Berdasarkan data yang diperoleh pada areal yang tertutupi TSPS selama penelitian pada setiap ulangan keberadaan mikroorganisme dibawahnya selalu lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang tidak tertutupi TSPS.

Aplikasi TSPS terbukti mampu meningkatkan jumlah mikroorganisme. Berdasarkan data jumlah koloni bakteri terjadi peningkatan sebesar 123%, sedangkan jumlah spora cendawan terjadi peningkatan sebesar 100% dibandingkan yang tidak dilapisi TSPS (Tabel 1).

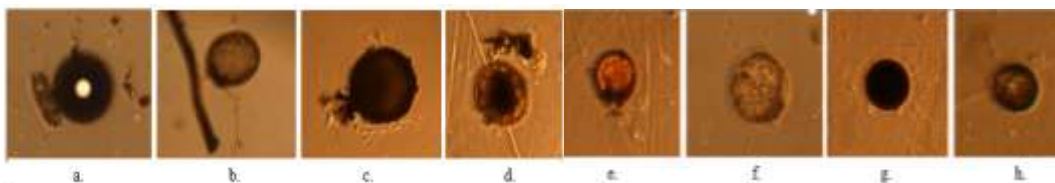
3.1.2 Jumlah Spora Mikoriza

Hasil perhitungan dari sampel yang di amati dengan menggunakan mikroskop menunjukkan jumlah spora pada tanah yang dilapisi TSPS terdapat total spora 63 spora/ 100g tanah sedangkan yang tidak dilapisi hanya terdapat 21 spora/ 100g tanah. Jumlah spora yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Dilihat berdasarkan data yang diperoleh pada TSPS terdapat 9 spora yang terperangkap pada saringan berukuran $212 \mu\text{m}$ sedangkan pada non TSPS tidak terdapat spora yang tertangkap pada saringan $212 \mu\text{m}$, Secara keseluruhan spora mikoriza lebih banyak ditemukan pada saringan berukuran $56 \mu\text{m}$ dibandingkan pada saringan berukuran $212 \mu\text{m}$ dan $106 \mu\text{m}$ yaitu TSPS sebanyak 38 spora/ 100g tanah dan non TSPS 14 spora/ 100g tanah. Spora cendawan mikoriza yang ditemukan pada saat pengamatan disajikan pada Gambar 1.

Tabel 2. Jumlah spora mikoriza (per 100g tanah) pada areal TSPS dan non TSPS

Sample	Saringan			JUMLAH
	212 μm	106 μm	56 μm	
TSPS	9	16	38	63
Non TSPS	0	7	14	21



Ket. : μm = mikrometer

Gambar 1. Hasil isolasi spora cendawan mikoriza yang ditemukan pada areal penelitian. Spora a-c ditemukan pada saringan berukuran $212 \mu\text{m}$, spora d-f ditemukan pada saringan berukuran $106 \mu\text{m}$, dan spora g-h ditemukan pada saringan berukuran $56 \mu\text{m}$. Pengamatan dilakukan dibawah mikroskop dengan pembesaran 400x.

3.1.3 Persentase Infeksi Mikoriza pada Akar

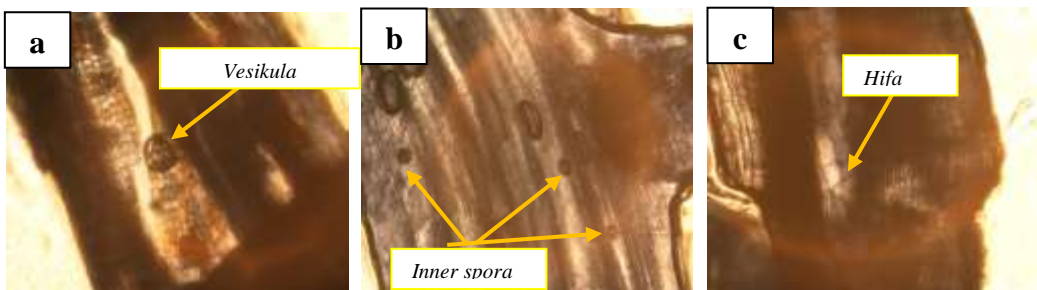
Perhitungan infeksi akar yang bermikoriza dilakukan dengan melihat ada tidaknya struktur umum yang dimiliki mikoriza dapat berupa hifa, arbuskula, vesikula dan spora. Pada sampel struktur infeksi mikoriza yang ditemukan berupa Hifa, Arbuskular, dan *inner spora* (Gambar 2).

Tabel 3. Persentase infeksi mikoriza dengan akar tanaman pada areal rehabilitasi *Takino Soil Protection Sheet* (TSPS)

	Σ akar	V	A	HI	HE	S	Jumlah Akar Terinfeksi	% Akar Terinfeksi
u1	10	+	-	+	-	+	3	30
u2	10	+	-	+	-	-	4	40
u3	10	+	-	-	-	-	2	20
u4	10	+	-	+	-	-	2	20
							JUMLAH	11
								27,5

Ket. : Σ = jumlah akar disetiap ulangan, V= vesikular, A= arbuskula, HI= hifa internal, HE= hifa eksternal, S= *inner spora*, (+) = akar positif mengandung salah satu struktur mikoriza, (-) = akar tidak mengandung struktur mikoriza.

Pengamatan persentase infeksi mikoriza pada akar tanaman menunjukkan hasil simbiosis antara mikoriza dengan akar tanaman pada areal TSPS yaitu sebesar 27,5% (Tabel 3). Tingkat asosiasi yang terjadi tergolong sedang berdasarkan klasifikasi tingkat infeksi mikoriza menurut *The Instate of Mycorrhizal Research and*



Development, USDA Forest Service, Athena, Georgia (Setiadi, et al 1992).

Gambar 2. *Inner spora* (a), vesikula (b), dan hifa internal (c).

3.1.4 Jumlah Vegetasi

Jenis vegetasi yang mendominasi adalah *Gramineae* dengan total sebanyak 512 tanaman, hal ini diduga karena rumput merupakan jenis tanaman yang paling adaptif, serta rumput merupakan jenis tanaman pionir pada daerah marginal. Tanaman lain yang mampu tumbuh baik yaitu *E. urophylla* sebanyak 50 tanaman, *L. leucocephala* sebanyak 7 tanaman dan *M. pudica* sebanyak 36 tanaman. Secara keseluruhan terdapat 605 tanaman yang tumbuh dengan baik pada areal TSPS (Tabel 4).

Tabel 4. Jenis dan jumlah vegetasi yang tumbuh pada areal TSPS

Jenis Vegetasi	Jumlah			Jumlah
	TSPS A	TSPS B	TSPS C	
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6	21	23	50
<i>Leucaena leucocephala</i>	1	1	5	7
<i>Mimosa pudica</i>	0	28	8	36
<i>Gramineae</i>	170	104	238	512
			Total	605

3.1.5 Kemampuan Menahan Erosi Permukaan Tanah

Berdasarkan hasil pengukuran rata-rata ketebalan tanah yang dapat ditahan pada kawasan TSPS (Tabel 5) menunjukkan bahwa pengaruh dari pemberian lapisan TSPS pada permukaan tanah mampu secara efektif mengurangi potensi terjadinya erosi permukaan tanah setinggi 5,26 cm hingga saat ini terhitung hampir selama 3 tahun TSPS ini terpasang.

Tabel 5. Tinggi lapisan tanah yang tertahan pada areal rehabilitasi (TSPS).

Tinggi Lapisan Tanah Tertahan (cm)	
u1	3,2
u2	6,5
u3	5,3
u4	6,8
u5	4,5
Rata-rata	5,26

3.2 Pembahasan

TSPS terbukti mampu meningkatkan jumlah mikroorganisme pada areal yang dilapisi. Berdasarkan data jumlah koloni bakteri terjadi peningkatan sebesar 123%, sedangkan jumlah spora cendawan terjadi peningkatan sebesar 100% dibandingkan yang tidak dilapisi TSPS, begitu juga pada jumlah spora mikoriza yang diperoleh hasil perhitungan dari sampel yang di amati dengan menggunakan mikroskop menunjukkan jumlah spora pada tanah yang dilapisi TSPS terdapat total spora 63 spora/ 100g tanah sedangkan yang tidak dilapisi hanya terdapat 21 spora/ 100g tanah. Peningkatan populasi mikroorganisme pada areal yang terlapis TSPS kemungkinan diakibatkan oleh kemampuan dari TSPS tersebut untuk menjaga kondisi kelembaban tanah, suhu tanah, intensitas cahaya yang masuk tidak terlalu tinggi, dan lapisan *topsoil* tidak mengalami erosi atau perpindahan, sehingga menjadi tempat yang lebih sesuai dengan syarat tumbuh dari mikroorganisme tanah untuk dapat berkembang biak. Jika dilihat secara langsung pada saat pengambilan sampel kondisi tanah yang berada dibawah lapisan TSPS terlihat lebih basah atau lembab dibandingkan yang tidak dilapisi TSPS terlihat lebih kering. Wirawan *dkk.*, (2015) mengatakan TSPS

mampu mempertahankan kelembaban tanah sehingga menjadi tempat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme tanah.

Hal ini kemungkinan disebabkan TSPS mampu menjaga kelembaban tanah lebih lama karena TSPS mampu menghalangi pancaran sinar matahari langsung ke tanah, mampu menjaga tanah yang sudah terbentuk tidak mengalami erosi, serta mampu menjaga air hujan tidak langsung mengalir ke dataran yang lebih rendah. Hal tersebut mengakibatkan kelembaban tanah pada areal TSPS dapat bertahan lebih lama. Pengaplikasian TSPS juga diduga mampu untuk menjaga stabilitas kondisi tanah lebih lama hingga akhirnya secara perlahan akan ditumbuhi oleh vegetasi pionir, seperti rerumputan.

Suwardjo dan Arsjad *dalam* Pattimahu (2004) telah berhasil membuktikan bahwa pemakaian mulsa yang agak sukar lapuk (C/N ratio tinggi) akan memberikan perlindungan yang lebih baik jika dibandingkan dengan pemakaian mulsa yang mudah lapuk (C/N ratio rendah). Hal itu kemungkinan dikarenakan lapisan penutup tanah yang lebih sukar lapuk dapat melindungi permukaan tanah lebih lama dan pemasangan mulsa dapat dilakukan pula untuk mengendalikan kelembaban tanah, sehingga tanah mampu mensuplai air dalam tanah hingga akhirnya biotik tanah berkembang. TSPS merupakan pelapis tanah yang terbuat dari bahan yang sulit mengalami pelapukan, yaitu *polyester*, *catton* dan *straw net* yang artinya TSPS merupakan pelapis tanah yang efektif digunakan untuk kegiatan rehabilitasi lahan.

Hasil penelitian juga membuktikan telah terjadi asosiasi antara mikoriza dengan tanaman pada areal yang dilapisi TSPS. Kecocokan fungsional pada asosiasi mikoriza tidak hanya dipengaruhi oleh tanaman inang dan cendawan yang terkait tapi juga dipengaruhi oleh faktor luar yang dapat menyebabkan ketidakseimbangan hubungan simbiosis satu sama lain (Gianinazzi-Pearson *dalam* Santika, 2006). Cendawan Mikoriza Arbuskular membentuk simbiosis mutualisme atau saling menguntungkan dengan akar tanaman, di mana CMA membantu tanaman dalam penyerapan unsur hara dari dalam tanah terutama P. Karena CMA dapat menghasilkan enzim fosfatase yang dapat mengubah atau mengkatalisis hidrolisis kompleks P yang tidak tersedia menjadi P yang larut dan tersedia bagi tanaman (Menge, 1984). Pada kondisi tanah krisis unsur hara CMA dapat membantu tanaman menyerap unsur hara terutama P karena hifa CMA meluas di dalam tanah dan menyerap ion-ion yang terbebas dari penguraian mineral oleh organisme lain dan mentranslokasikannya melalui misellia ke perakaran tanaman yang diinfeksi. Hal tersebut juga disebabkan akibat terjadi asosiasi dengan CMA yang menghasilkan bintil-bintil akar (Mosse, 1973).

Jenis vegetasi yang mendominasi adalah *Gramineae* dengan total sebanyak 512 tanaman, hal ini diduga karena *Gramineae* merupakan jenis tanaman yang paling adaptif, serta merupakan jenis tanaman pionir pada daerah marginal. Tanaman lain yang mampu tumbuh baik yaitu *E. urophylla* sebanyak 50 tanaman, *L. leucocephala* sebanyak 7 tanaman dan *M. pudica* sebanyak 36 tanaman. Secara keseluruhan

terdapat 605 tanaman yang tumbuh dengan baik pada areal TSPS. Penelitian Setiadi dalam Margarettha (2011) mikoriza telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kehutanan (revegetasi) pada lahan bekas pertambangan maupun lahan kritis secara signifikan.

Membaiknya kondisi biologi tanah pada areal yang terlapisi TSPS memungkinkan terjadinya perbaikan pada kondisi fisik tanah. Menurut Wright dan Uphadhyaya (1998) mengatakan bahwa cendawan FMA menghasilkan senyawa *glycoprotein glomalin* yang sangat berpengaruh dengan peningkatan kemantapan agregat. *Glomalin* dihasilkan dari sekresi hifa eksternal bersama enzim-enzim dan senyawa polisakarida lainnya. Adanya agregat tanah yang berukuran besar menyebabkan tanah akan lebih berpori dan memiliki permeabilitas tinggi namun tetap mampu mengikat air sehingga kelembaban tanah terjaga. Mikorisa secara nyata mampu membentuk struktur tanah yang baik. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan aerasi dan laju infiltrasi serta mengurangi erosi tanah (Thomas *et al.*, 1993). Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya erosi yang terjadi pada areal yang telah tertutupi TSPS hampir selama 3 tahun, berdasarkan hasil pengukuran rata-rata ketebalan tanah yang dapat ditahan setinggi 5,26 cm, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa TSPS mampu secara efektif mengurangi potensi erosi permukaan tanah.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Terjadi peningkatan jumlah koloni bakteri sebesar 123% sedangkan koloni cendawan sebesar 100% pada areal yang terlapisi TSPS. Jumlah spora mikoriza pada areal yang terlapisi TSPS juga lebih tinggi sebanyak 63 spora/100gr tanah sedangkan yang tidak terlapisi TSPS sebanyak 21 spora/100gr tanah.
2. Terjadi infeksi cendawan mikoriza pada akar tanaman yang terdapat pada areal TSPS yaitu sebesar 27,5%.
3. TSPS mampu secara efektif mengurangi potensi terjadinya erosi permukaan tanah setinggi 5,26 cm.

4.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh TSPS terhadap sifat fisik, kimia dan biologi tanah untuk beberapa tahun berikutnya untuk melihat apakah terjadi perbaikan tanah secara konsisten. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan dalam kegiatan rehabilitasi lahan di kaldera Gunung Batur.

Daftar Pustaka

Bappeda Provinsi Bali. 2009. Peta Tingkat Kekritisian Lahan Wilayah Provinsi Bali Tahun 2008. Bali.

- Kohno, N., Gouya, K., Sekiyama S., Suzuki, M., Wirawan, I. G. P.. 2015. *Effect of the Soil Protection Sheet and the Bag Material on the Soil Microorganisms and the Indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi in the Volcanic Devastated Site of Mt. Batur, Bali, Indonesia. International Conference on Bioscience and Biotechnology. 2015.*
- Margarettha. 2011. Eksplorasi dan Identifikasi Mikoriza Indigen Asal Tanah Bekas Tambang Batubara. *Berita Biologi* 10(5):641-647.
- Menge, J. A. 1984. *Inoculum Production VA Mychoorizal*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mosse, B. 1973. *Plant Growth Responses to Vericular-Arbuskular Mycorrhizae. IV. In Soil Given Additional Phosphate. New Phytologist* 72:127-136.
- Nandini, R., dan Narendra, B. H.. 2011. Karakteristik Lahan Kritis Bekas Letusan Gunung Batur di Kabupaten Bangli, Bali. *Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. 9 No. 3: 199-201.
- Pattimahu, D. V. 2005. Restorasi Lahan Kritis Pasca Tambang Sesuai Kaidah Ekologi. Makalah Falsafah Sains (PPS 702). Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Setiadi Y, Mansur I, Budi SW.1992 *Petunjuk Labotorium Mikorobiologi Tanah Hutan*. Bogor : Depertemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi. Pusat antar Universitas Bioteknologi IPB.
- Santika, H. 2006. Keanekaragaman Cendawan Mikoriza Arbuskula di Hutan Pegunungan Kamojang Jawa Barat. Bogor. Fakultas Kehutanan. IPB.
- Wirawan, I.G.P, W. Adhiarthayasa, K. Yamamoto, and T. dMarumoto. 2014. *The Pilot Survey for Desseminating SME's Technology fot Disaster Prevention and Environmental Regeneration. Joint Research Project Supported by JICA.*
- Wright, S. F., Uphadhyaya, A. 1998. *A Survey of Soil Aggregate Stability and Glomalin, A Glycoprotein Produced by Hyphae of Arbuscular Mycorrhizal Cendawan. Plant and Soil* 198: 97-107, 1998.