

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Takino Soil Protection Sheets*

Takino Soil Protection Sheet (TSPS) merupakan lembaran pelapis tanah yang memiliki ketahanan tinggi dari cuaca ekstrem, produk ini terbuat dari campuran bahan utama seperti *polyester*, *catton* dan bahan tambahan seperti *straw Net*. Lembar ini memiliki tingkat porositas sebesar 97%-98% dan memiliki kemampuan yang baik untuk menahan erosi akibat dari air hujan dan sebagainya. (Kohno *et al.*, 2015). Produk ini sudah beberapa kali diaplikasikan pada kondisi wilayah yang sama seperti pada lokasi penelitian, yaitu Gunung Unzen-Fugendake di Nagasaki, Jepang dan Gunung Sakurajima di Kagoshima, Jepang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan TSPS dapat berperan secara efektif dalam meningkatkan populasi mikroorganisme, mencegah erosi permukaan tanah dan revegetasi (Kohno *et al.*, 2015).

TSPS juga telah berulang diuji coba pada beberapa lokasi di kaldera Gunung Batur yang terbagi menjadi 3 titik yaitu *site A*, *site B* dan *site C*. Penelitian kali ini mengambil lokasi di *site C* dengan mengamati 3 lembar TSPS yang terbuat dari beberapa bahan lokal, diantaranya 20m x 5m lembaran asli SP-60, 50m x 5m lembaran campuran catton and 50m x 5m lembaran campuran kertas koran (Takino Filter Inc., 2016), lembaran dipasang pada lahan dengan cara di tempelkan pada permukaan tanah.

TSPS 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 *dkk.*, 2015).

2.2 Mikroorganisme Tanah

Mikroorganisme tanah merupakan jasad renik yang hidup dan beraktivitas didalam tanah yang berpengaruh terhadap kondisi tanah tersebut. Secara ekologis tanah tersusun oleh tiga kelompok material, yaitu material hidup (faktor biotik) berupa biota (jasad hayati), faktor abiotik berupa bahan organik dan faktor abiotik pasir (*sand*), debu (*silk*) dan liat (*clay*). Kesuburan tanah tidak hanya bergantung pada komposisi kimiawinya melainkan juga pada ciri alami mikroorganisme yang menghuninya. Mikroorganisme tanah umumnya tergolong menjadi lima kelompok utama yaitu *bacteria*, *actinomycetes*, *fungi*, *algae*, dan *protozoa* (Alexander, 1977). Secara alami didalam tanah terdapat berbagai jenis dan populasi mikroorganisme yang beranekaragam dan berperan aktif dalam proses pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara.

Banyaknya jenis dan populasi dari suatu mikroorganisme dalam tanah dapat dijadikan indikator kualitas tanah, semakin banyak jenis dan populasi mikroorganisme yang hidup didalamnya menggambarkan kondisi tanah tersebut lebih baik dibandingkan tanah dengan jenis dan populasi mikroorganisme yang lebih sedikit. Menurut Mulyani *dkk.*, (1996) tanah dengan nilai produktivitas yang

tinggi, tidak hanya terdiri dari komponen-komponen padat, cair dan udara (gas), akan tetapi harus mengandung jasad hidup tanah yang banyak. Dengan adanya jasad hidup tanah, maka tingkat kesuburan tanah akan dipengaruhi, karena jasad hidup memegang peranan penting dalam proses pelapukan bahan organik di dalam tanah sehingga unsur hara menjadi lebih tersedia bagi tanaman. Menurut Ma'shum *et al.*, (2003), peranan mikroorganisme dalam kesuburan tanah ditunjukkan dengan aktivitasnya dalam memperbaiki struktur tanah dan ketersediaan hara bagi tanaman. Populasi yang tinggi menggambarkan adanya suplai makanan atau energi yang cukup ditambah lagi dengan temperatur yang sesuai, keadaan air yang cukup, ada kondisi ekologi yang lain yang menyokong perkembangan mikroorganisme tanah tersebut (Soepardi, 1983) *dalam* (Abadi, 2009).

Populasi mikrobiologi tanah terbagi dalam tiga golongan besar, yaitu: 1). Mikroba *autochthonous*: golongan ini dapat dikatakan sebagai mikroba setempat atau pribumi pada tanah tertentu, selalu hidup dan berkembang di tanah tersebut dan atau selalu diperkirakan ada di dalam tanah tersebut. 2). Mikroba *zimogenik*: golongan mikroba yang berkembang dibawah pengaruh perlakuan khusus pada tanah, seperti penambahan bahan-bahan organik, pemupukan dan lain sebagainya. 3) Mikroba *transient* (penetap sementara): terdiri dari organisme-organisme yang ditambahkan ke dalam tanah, secara disengaja seperti dengan inokulasi *leguminosa*, atau yang tidak secara disengaja seperti dalam kasus unsur-unsur penghasil penyakit tanaman dan hewan, organisme ini kemungkinan akan segera

mati atau bertahan untuk sementara waktu setelah berada di dalam tanah (Campbel *et al.*, 2003) *dalam* (Saragih, 2014).

Menurut (Paul dan Clark, 1989) *dalam* (Susilawati *dkk.*, 2013) Mikroorganisme tanah merupakan faktor penting dalam ekosistem tanah, karena pengaruhnya terhadap siklus dan ketersediaan unsur hara tanaman serta stabilitas struktur tanah. Biomassa mikroorganisme tanah merupakan sumber variasi hara tanaman dan juga sebagai agen pembentukan hara-hara tertentu, selain itu juga sebagai perombak bahan organik kedalam senyawa organik sederhana (Lavahun, 1995) *dalam* (Susilawati *dkk.*, 2013). Mikroorganisme tanah sudah lama dikembangkan untuk berbagai macam permasalahan, pada beberapa penelitian ditemukan bahwa beberapa mikroorganisme tanah dapat bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman, salah satunya adalah cendawan mikoriza arbuskular.

2.3 Faktor yang Mempengaruhi Keberadaan Mikroorganisme Tanah

Bakteri memperlihatkan keragaman yang luas dalam hal respon terhadap oksigen bebas, dan atas dasar ini maka bakteri dibagi menjadi empat kelompok: 1). *aerobik* (organisme yang membutuhkan oksigen), 2). *anaerobik* (tumbuh tanpa oksigen molekular), 3). *anaerobik fakultatif* (tumbuh pada keadaan *aerobik* dan *anaerobik*), 4). *mikroaerofilik* (tumbuh terbalik bila ada sedikit oksigen *atmosferik*). Faktor lain yang mempengaruhi populasi bakteri dalam tanah adalah pH, praktik pertanian, pemupukan dan pemakaian pestisida dan penambahan bahan organik. Di alam, faktor-faktor pertumbuhan utama yang membatasi adalah

hara atau sumber energi. Beberapa bakteri membentuk spora bila keadaan menjadi tidak menguntungkan.

Bakteri menimbulkan berbagai perubahan kimiawi pada substansi yang ditumbuhinya, mereka mampu mengancurkan banyak zat. Organisme ini sangat penting untuk memelihara lingkungan yaitu dengan menghancurkan bahan organik yang tertumpuk di dalam daratan dan lautan. Organisme ini sangat luas penyebarannya dalam dan pada permukaan bumi, di atmosfer, dan di lingkungan sehari hari (Nurjanna, 2001).

Kondisi kondisi fisik yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri menurut Widawati & Suliasih (2006):

Tabel 2.1
Kondisi fisik yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri

Kondisi fisik	Tipe bakteri (klp fisiologis)	Kondisi biakan (inkubasi)
Suhu (kisaran pertumbuhan) : minimum dan maksimum : optimumnya pada suatu titik di dalam kisaran bergantung pada spesies	Psikrofil	0–30 °C
	Mesofil	25–40 °C
	Termofil	
	Termofil fakultatif	25–55 °C
	Termofil obligat	45–75 °C
Persyaratan akan gas	Aerob	Hanya tumbuh bila ada oksigen bebas
	Anaerob	Hanya tumbuh tanpa oksigen bebas
	Anaerob fakultatif	Tumbuh baik walaupun tanpa oksigen bebas
	Mikroaerofil	Tumbuh bila ada oksigen bebas dalam jumlah kecil
Keasaman pH	Kebanyakan bakteri berkaitan dengan kehidupan hewan dan tumbuhan beberapa spesies eksotik	pH optimum 6,5–7,5 pH minimum 0,5 pH maksimum 9,5
Cahaya	Fotosintetik (autotrof dan heterotrof)	Sumber cahaya
Salinitas	Halofil (halofil obligat)	Konsentrasi garam yang tinggi

Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan mungkin meliputi separuh dari biomasa mikroba dalam tanah. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah. Secara umum, profil horizon A terdiri dari lebih banyak mikroorganisme dari pada horizon B dan C (Mulyani *dkk.*, 1996).

2.4 Cendawan Mikoriza Arbuskular

Mikoriza merupakan suatu pola asosiasi simbiosis mutualisme antara cendawan (*myces*) dengan perakaran tanaman (*rhiza*), dimana cendawan memperoleh tempat hidup untuk tumbuh dan berkembang biak sedangkan tanaman mampu menyerap dan memperoleh air serta unsur hara lebih efisien. Cendawan mikoriza arbuskular (CMA) termasuk ke dalam cendawan phylum *Glomeromycota*, kelas *Glomeromycetes* dan empat ordo *Glomerales*, *Diversisporales*, *Paraglomerales*, *Archaeosporales* dengan 11 famili dan 17 genera (Schüßler & Walker 2010). Secara mikroskopis masing-masing tipe spora memiliki karakteristik yang khas, seperti tipe spora *Glomus* spora terdapat dudukan hifa (*subtending hyphae*), sedangkan tipe spora *Gigaspora* karakteristik yang khas adalah pada pangkal hifa terdapat *bulbous suspensor* dan tidak memiliki lapisan perkecambahan, dan tipe spora *Acaulospora* memiliki dinding yang tebal dan spora memiliki ornamen (Suamba *dkk.*, 2014). Keberadaan mikoriza di alam bersifat kosmopolitan, artinya hampir pasti ada dalam kondisi tanah apapun (Siradz *dkk.*, 2007), termasuk pada lahan masam (Kartika, 2006)

dan alkalin (Swasono, 2006) serta pada tanah cekaman ganda Al dan kekeringan (Hanum, 2004).

Cendawan mikoriza dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, keragaman dan tingkat populasinya dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan karakteristik tanaman inangnya (Smith dan Read, 2008). Mikoriza yang mulai banyak diteliti oleh para ahli pertanian, lingkungan dan biologi karena peranannya yang sangat besar dalam hal, diantaranya: 1). meningkatkan penyerapan air dan unsur hara terutama unsur fosfor (P), 2). meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan 3). meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen akar. Menurut (Abimanyu *dkk.*, 2012) dalam (Krisnantono, 2012) CMA memiliki peran fungsional antara lain : 1). Bioprosesor mampu bertindak sebagai pompa dan pipa hidup karena mampu membantu tanaman untuk menyerap hara dan air dari lokasi yang tidak terjangkau oleh akar rambut, 2). Bioprotektor atau perisai hidup karena mampu melindungi tanaman dari cekaman biotik (patogen, hama dan gulma) dan abiotik (suhu, lengas, kepadatan tanah dan logam berat), 3). Bioaktivator karena terbukti mampu membantu meningkat simpanan karbon di rhizosfer sehingga meningkatkan aktifitas jasad renik untuk menjalankan proses biogeokimia, 4). Bioagregator karena terbukti mampu meningkatkan agregasi tanah.

Cendawan mikoriza juga berperan dalam menjaga kelestarian tanah baik secara fisik, kimia maupun biologi sehingga keseimbangan biologis selalu terjaga (Hartoyo *dkk.*, 2011). Penggunaan cendawan mikoriza telah terbukti mampu

meningkatkan pertumbuhan tanaman kehutanan (*revegetasi*) pada lahan bekas pertambangan maupun lahan kritis secara signifikan (Setiadi, 2004 *dalam* Margarettha, 2011). Setiadi (1989) menyatakan bahwa tanaman yang bermikoriza memiliki kemampuan menghindari pengaruh langsung dari cekaman kekeringan dengan cara meningkatkan penyerapan air melalui sistem gabungan akar dan hifa cendawan mikoriza. Hifa CMA masih mampu menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah tidak dapat lagi menyerap air. Di samping itu, pertumbuhan jalinan hifa yang sangat intensif dan luas di dalam tanah dapat memperluas bidang penyerapan air. Kartika (2006) melaporkan bahwa inokulasi CMA meningkatkan daya adaptasi bibit kelapa sawit terhadap cekaman kekeringan. Lebih lanjut Kartika (2006) menyatakan bahwa ada dua mekanisme adaptasi bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan CMA terhadap cekaman kekeringan. Pertama melalui mekanisme penghindaran (*avoidance*) melalui perbaikan penyerapan hara terutama P, peningkatan kemampuan penyerapan air melalui perbaikan sistem perakaran, pengurangan luas permukaan transpirasi, pengaturan penutupan stomata melalui akumulasi kadar asam absisat, *abscisic acid* (ABA) daun.

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Kolonisasi dan Pembentukan Spora CMA

Keberadaan dan kolonisasi dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Intensitas cahaya

Meningkatnya kolonisasi CMA adalah akibat meningkatnya proses fotosintesis yang berakibat pada meningkatnya konsentrasi karbohidrat di dalam

akar atau meningkatnya senyawa-senyawa eksudat. Untuk memaksimumkan produksi inokulum CMA perlu memaksimumkan fotosintesis inang dan cahaya. Adanya naungan yang berlebihan terutama untuk tanaman yang senang cahaya dapat mengurangi kolonisasi akar dan produksi spora, selain itu respon tanaman terhadap cendawan mikoriza akan berkurang. Hal ini disebabkan adanya hambatan pertumbuhan dan perkembangan internal hifa dalam akar yang berakibat terbatasnya perkembangan eksternal hifa pada rizosfer (Setiadi, 2001).

2. Suhu

Sebagian besar cendawan pembentuk mikoriza membutuhkan suhu optimum untuk pembentukan dan kelangsungan hidup mikoriza (Riffle dan Maronek, 1982 *dalam* Setiadi, 1989). Suhu optimum bagi pertumbuhan cendawan pembentuk mikoriza beragam menurut jenis dan strain. Pertumbuhan yang baik antara 20°C-30°C, suhu optimum di alam mungkin lebih rendah dari biakan murni. Suhu tanah 25°-30°C merupakan suhu optimum untuk perkembangan dan keefektifan endomikoriza. Pada suhu 12°C pertumbuhan akar terhenti yang diikuti oleh berhentinya pembentukan mikoriza. Pada suhu 35°C kecepatan pertumbuhan akar akan menurun disertai proses penuaan dan meningkatnya suberisasi ujung-ujung akar.

3. Kandungan air tanah

Pada tanah yang tergenang air, kekurangan oksigen menghambat perkembangan baik tumbuhan maupun simbiosis mikorizanya, cendawan mikoriza bersifat sangat aerobik (Harley and Smith, 1993 *dalam* Saidi, 2006). Menurut Bowen dan Theodore (1972) *dalam* Saidi, (2006) cendawan mikoriza

mempunyai toleransi yang berbeda terhadap aerasi. Sieverding (1991) melaporkan bahwa kadar air 40-80% dari kapasitas cekapan maksimum merupakan kondisi yang optimal untuk perkembangan dan keefektifan endomikoriza.

4. pH Tanah

Menurut Slankis (1974) dalam Setiadi (1989), perkembangan cendawan mikoriza yang optimal berkisar pada pH 3,9-5,9. Spora *Glomus mossae* dan *Gigaspora margarita* tidak ditemukan pada tanah tropis alam dengan pH <5,5. Perkembangan cendawan mikoriza pada pH optimum berbeda-beda tergantung pada adaptasi cendawan mikoriza terhadap lingkungan. Aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan spora cendawan mikoriza dapat dipengaruhi oleh pH. Misalnya *Glomus mosseae* biasanya pada tanah alkali dapat berkecambah dengan baik pada air atau pada *soil extract* agar pada pH 6-9. Spora *Gigaspora coralloidea* dan *Gigaspora heterogama* dari jenis yang lebih tahan asam dapat berkecambah dengan baik pada pH 4-6. *Glomus epigaeum* perkecambahannya lebih baik pada pH 6-8.

5. Bahan organik

Bahan organik merupakan salah satu komponen dalam tanah yang penting disamping air dan udara. Jumlah spora CMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik dalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1-2% sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5% kandungan spora sangat rendah (Pujiyanto, 2001).

6. Logam berat dan unsur lain

Adanya logam berat dalam larutan tanah dapat mempengaruhi perkembangan cendawan mikoriza. Beberapa spesies CMA diketahui mampu beradaptasi dengan tanah yang tercemar seng (Zn), tetapi sebagian besar spesies mikoriza peka terhadap kandungan Zn yang tinggi. Pada beberapa penelitian lain diketahui pula strain-strain cendawan mikoriza tertentu toleran terhadap kandungan Mn, Al, dan Na yang tinggi (Janouskuva *et al.*, 2006) dalam (Barus, 2014).

2.6 Pengaruh CMA pada Perbaikan Struktur Tanah

CMA melalui jaringan hifa yang berupa benang-benang halus dapat menembus tanah dengan jangkauan yang lebih jauh dari jangkauan akar tanaman sehingga dapat memperluas area serapan hara dan air (Killian, 1994). Wright dan Uphadhyaya (1998) mengatakan bahwa CMA menghasilkan senyawa *glycoprotein glomalin* yang sangat berkorelasi 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. Mikoriza secara nyata mampu membentuk struktur tanah yang baik sehingga pertumbuhan tanaman dapat ditunjang dengan adanya pasokan nutrisi yang cukup dan kondisi lingkungan tempat tumbuh yang sehat. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan aerasi dan laju infiltrasi serta mengurangi erosi tanah, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Thomas *et al.*, 1993).

