

**PENGARUH SENGON (*Paraserianthes falcataria*)
TERHADAP SIFAT-SIFAT BIOLOGI TANAH DI DESA SLAMPAREJO
KABUPATEN MALANG**

Oleh :
INDAH AYU WARDHANI
0610430030-43



SKRIPSI
Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
PROGRAM STUDI ILMU TANAH
MALANG
2010**

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama Mahasiswa : Indah Ayu Wardhani
NIM : 0610430030-43
Judul Skripsi : **PENGARUH SENGON (*Paraserianthes falcataria*)
TERHADAP SIFAT-SIFAT BIOLOGI TANAH DI
DESA SLAMPAREJO KABUPATEN MALANG**
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS.
NIP. 19480723 197802 1001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP. 19610701 198703 1002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Tanah
Fakultas Pertanian,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP 19540501 198103 1006

Tanggal Persetujuan :

**LEMBAR PERSETUJUAN
PUBLIKASI JURNAL PENELITIAN**

**Influence of Albizia (*Paraserianthes falcataria*) To Soil Biological
Characteristics in Slamparejo, Malang**

**Pengaruh Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat-sifat Biologi
Tanah di Desa Slamparejo Kabupaten Malang**

Nama Mahasiswa : Indah Ayu Wardhani
NIM : 0610430030-43
Program Studi : Ilmu Tanah
Jurusan : Tanah
Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui Oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS.
NIP. 19480723 197802 1001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP. 19610701 198703 1002

Ketua Jurusan Tanah
Fakultas Pertanian,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP 19540501 198103 1006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan,

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Penguji II

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP. 19540501 198103 1006

Lenny Sri Nopriani, SP, MP.
NIP. 19741103 200312 2001

Penguji III

Penguji IV

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP. 19610701 198703 1002

Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS.
NIP. 19480723 197802 1001

Tanggal lulus :

SURAT PERNYATAAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indah Ayu Wardhani

NIM : 0610430030-43

Jurusan / PS : Tanah / Ilmu Tanah

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul :

"Pengaruh Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat-sifat Biologi Tanah di Desa Slamparejo Kabupaten Malang"

Merupakan karya tulis yang saya buat sendiri dan bukan merupakan bagian dari skripsi maupun tulisan penulis lain. Bilamana suatu hari pernyataan saya tidak benar, saya sanggup menerima sanksi akademik apapun yang ditetapkan oleh Universitas Brawijaya.

Malang, 14 Desember 2010
Yang Menyatakan

Indah Ayu Wardhani
NIM. 0610430030-43

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS.
NIP. 19480723 197802 1001

Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.
NIP. 19610701 198703 1002

Ketua Jurusan Tanah
Fakultas Pertanian,

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU.
NIP 19540501 198103 1006

RINGKASAN

Indah Ayu Wardhani. 0610430030-43. Pengaruh Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat-sifat Biologi Tanah di Desa Slamparejo Kabupaten Malang. Dibawah Bimbingan: Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS. dan Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.

Perbaikan kesuburan tanah pada studi kasus yang diteliti di Desa Slamparejo Kabupaten Malang terhadap kondisi tanah yang kurang subur telah dilakukan oleh petani setempat dengan menanam sengon (*Paraserianthes falcataria*). Selain lebih menguntungkan dari segi ekonomi, sengon juga mampu meningkatkan kesuburan tanah karena memberi masukan bahan organik. Tanah yang subur ditinjau dari sifat kimia, biologi dan fisik tanah. Sifat biologi tanah merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan masalah pengelolaan tanah dengan memperhatikan masukan bahan organik ke dalam tanah, sehingga mempengaruhi populasi makrofauna dan mikrofauna tanah.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peran sengon terhadap sifat-sifat biologi tanah untuk perbaikan kesuburan tanah di Desa Slamparejo. Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah pertumbuhan sengon dapat menunjang sifat-sifat biologi tanah yang dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Maret 2010 di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang. Lahan yang diteliti yaitu: lahan bero, lahan singkong, lahan sengon usia 3 dan 6 tahun. Parameter pengamatan meliputi: kadar C-organik tanah, populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza pada masing-masing penggunaan lahan. Penelitian ini bersifat observasi deskriptif. Analisis ragam dan uji Tukey dilakukan menggunakan program komputer SPSS 11.5, sedangkan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter digunakan uji korelasi.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman sengon dapat memperbaiki kesuburan tanah melalui fungsi alaminya dalam meningkatkan sifat-sifat biologi tanah. Lahan sengon 6 tahun memiliki nilai sifat-sifat biologi yang paling tinggi dibandingkan ketiga lahan lainnya. Kadar C-organik tertinggi didapatkan di lahan sengon 6 tahun (2,02 %). Populasi cacing tanah tertinggi diperoleh di lahan sengon 6 tahun (67 ekor/m²). Kepadatan spora mikoriza tertinggi diperoleh di lahan sengon 6 tahun (394 per 100 g tanah) dengan jenis spora yang ditemukan yaitu *Glomus Sp.*, *Gigaspora Sp.*, dan *Scutellospora Sp.* Persentase infeksi mikoriza tertinggi ditemukan pada akar sengon 6 tahun (59 %). Pada lahan bero, sengon 3 dan 6 tahun menunjukkan nilai kadar C-organik, populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza tidak berbeda nyata. Ketiga penggunaan lahan tersebut memiliki kadar C-organik yang lebih tinggi daripada lahan untuk tanaman singkong yang sifat biologi tersebut juga lebih rendah secara nyata.

SUMMARY

Indah Ayu Wardhani. 0610430030-43. Influence of Albizia (*Paraserianthes falcataria*) To Soil Biological Characteristics in Slamparejo, Malang. Under Supervision of Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS. and Dr. Ir. Budi Prasetya, MP.

Improving of soil fertility at case study observed in Slamparejo Village, Malang City, to condition of soil that is unfertile has been done by local farmer by planting albizia (*Paraserianthes falcataria*). Besides economically profits, albizia also increase soil fertility due to organic matter. Soil fertility was evaluated including soil chemical, biology and physical properties. Soil biology is one of important factor in determining soil management problem by considers to organic matter input into the soil and influences population of soil macrofauna and microfauna.

This research aim is to study the role of albizia in supporting soil biological characteristics to increase soil fertility in Slamparejo Village. Hypothesis in this research is: the growth of albizia can support soil biological characteristics to increase soil fertility.

This research conducted in January-March 2010 in Slamparejo Village, Jabung Subdistrict, Malang. Land of research consisted of fallow, land cultivated cassava, land cultivated albizia for 3 and 6 year. Observation parameter consisted of C-organic rate, population of earth-worm, density of mycorrhiza spore, and infection percentage of mycorrhiza at each land. This research have the character of descriptive observation. Analysis Of Variance and test Tukey is done to applies computer program SPSS 11.5, while to know the relation between parameters is applied correlation test.

Result of this research indicates that albizia can improve soil fertility through it's natural function in increasing soil biological characteristics. Land with 6 year albizia has the highest value of soil biological characteristics. Highest C-organic rate was found in land of 6 year albizia (2,02 %). Highest population of earth-worm was obtained in land of 6 year albizia (67 each/m²). Highest density of mycorrhiza spore is obtained in land of 6 year albizia (394 spore/100 g soil) and the spore type found that are *Glomus Sp.*, *Gigaspora Sp.*, and *Scutellospora Sp.*. Highest infection percentage of mycorrhiza was found at the root of 6 year albizia (59 %). Value of C-organic rate, population of earth-worm, density of mycorrhiza spore, and infection percentage of mycorrhiza on fallow, land of 3 and 6 years albizia was not significantly different. Three lands has higher c-organik rate than land cultivated cassava with value of biological characteristics was significantly different.

Kata Pengantar

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan penelitian ini. Skripsi dengan judul “**Pengaruh Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat-sifat Biologi Tanah di Desa Slamparejo Kabupaten Malang**”, merupakan salah satu prasyarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian (S1) di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Dengan penuh rasa syukur penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Syekhfani, MS. dan Dr. Ir. Budi Prasetya, MP. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan membagikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat dalam membimbing dan mengarahkan penulis selama menyusun laporan penelitian ini hingga selesai.
2. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU. dan Lenny Sri Nopriani, SP., MP. selaku dosen penguji yang telah memberikan wawasan dan masukan yang membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Dosen-dosen di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan bekal ilmu pengetahuan kepada penulis selama kuliah.
4. Seluruh staf dan karyawan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, atas bantuan dan informasi yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan S1.
5. Bapak Tamin selaku Ketua Kelompok Tani Dusun Busu, Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, yang telah banyak membantu penulis selama melaksanakan penelitian di lapang.
6. Orangtua dan keluarga tercinta yang telah mendukung penulis dalam setiap kesempatan hingga selesainya penyusunan skripsi ini.
7. Seluruh rekan seperjuangan di Jurusan Tanah, terutama *Soiler* 2006, terima kasih atas dukungan, perhatian, dan bantuannya, serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut berpartisipasi atas terselesaikannya skripsi ini.

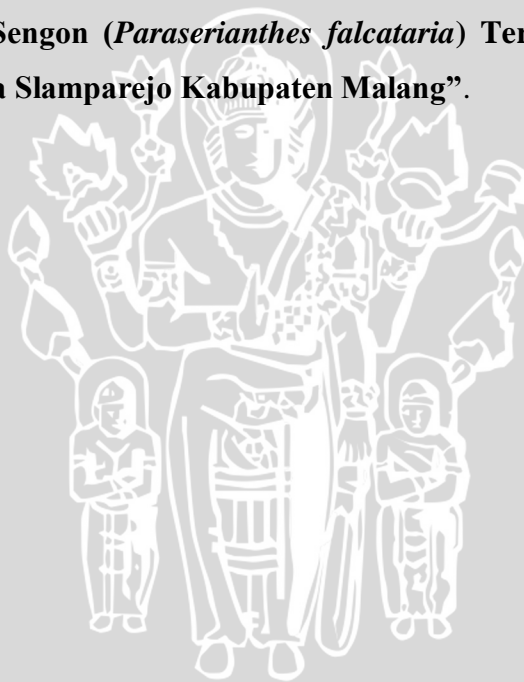
Penulisan skripsi ini diharapkan dapat memberikan wawasan dan menjadi sumber inspirasi positif bagi pembaca serta bermanfaat di masa selanjutnya.

Malang, Desember 2010

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kabupaten Malang pada tanggal 14 Februari 1989, sebagai putri pertama dari pasangan Bapak Achmad Wazir Wicaksono dan Ibu Sri Titik Indiati. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN Sumberpucung 03 pada tahun 1994-2000, kemudian penulis melanjutkan ke SLTP Negeri 1 Malang pada tahun 2000-2003. Pada tahun 2003-2006 penulis melaksanakan studi di MAN 1 Malang. Pada tahun 2006 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata 1 (S-1) Program Studi Ilmu Tanah - Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur SPMB. Penulis lulus pada tahun 2010 dengan skripsi berjudul **“Pengaruh Sengon (*Paraserianthes falcataria*) Terhadap Sifat-sifat Biologi Tanah di Desa Slamparejo Kabupaten Malang”**.



DAFTAR ISI

RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Hipotesa Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Tanah Alfisol	4
2.1.1 Pembentukan Tanah Alfisol	4
2.1.2 Karakteristik Tanah Alfisol di Jawa Timur	6
2.2. Bahan Organik Tanah	8
2.2.1 Bahan Organik Pada Tanah Alfisol	9
2.3. Cacing Tanah	11
2.3.1. Pengaruh Cacing Tanah Terhadap Sifat Biologi Tanah	14
2.4. Mikoriza	15
2.5. Pengaruh Sifat Biologi Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman	18
2.6. Karakteristik Tanaman Sengon	20
BAB III. METODE PENELITIAN	
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	23
3.2. Alat dan Bahan	23
3.3. Pelaksanaan Penelitian	24
3.3.1. Penentuan Plot dan Titik Pengamatan	24
3.3.2. Pengambilan Sampel Tanah	25
3.3.3. Pengambilan Sampel Cacing Tanah	25
3.3.4. Pengambilan Sampel Akar	25
3.3.5. Analisis Laboratorium	26
3.4. Analisis Statistik	26

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kadar C-organik Tanah	27
4.2. Populasi Cacing Tanah	29
4.2.1. Tipe Cacing Tanah	31
4.3. Mikoriza	33
4.3.1. Persentase Infeksi Mikoriza	35
4.4. Hubungan Antara pH, Suhu, dan Kadar C-organik Tanah Dengan Populasi Cacing Tanah	36
4.5. Hubungan Antara Kadar C-organik Tanah, Populasi Cacing Tanah Dengan Kepadatan Spora Mikoriza	38
4.6. Hubungan Antara Kadar C-organik Tanah, Populasi Cacing Tanah, dan Kepadatan Spora Mikoriza Dengan Persentase Infeksi Mikoriza	39
4.7. Pembahasan Umum	40

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	46
5.2. Saran	46

DAFTAR PUSTAKA	48
-----------------------------	-----------

LAMPIRAN	52
-----------------------	-----------



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kandungan C-organik Tanah Alfisol di Tujuh Lokasi Jawa Timur dan Jawa Tengah Pada Tahun 2004	7
2.	pH H ₂ O dan KCl Tanah Alfisol di Tujuh Lokasi Jawa Timur dan Jawa Tengah Pada Tahun 2004	8
3.	Alat dan Bahan Penelitian di Lapangan dan Laboratorium	23
4.	Parameter dan Metode Penelitian	26
5.	Rerata Kadar C-organik Pada Berbagai Penggunaan Lahan	28
6.	Rerata Jumlah Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan	30
7.	Populasi dan Tipe Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan	32
8.	Jenis Spora Mikoriza yang Ditemukan Pada berbagai Penggunaan Lahan	33
9.	Rerata Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan	34
10.	Rerata Persentase Infeksi Mikoriza Pada Akar Rumput, Singkong, dan Sengon	36
11.	Hasil Pengukuran pH Tanah, Suhu Tanah, dan Kadar Air Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan	37

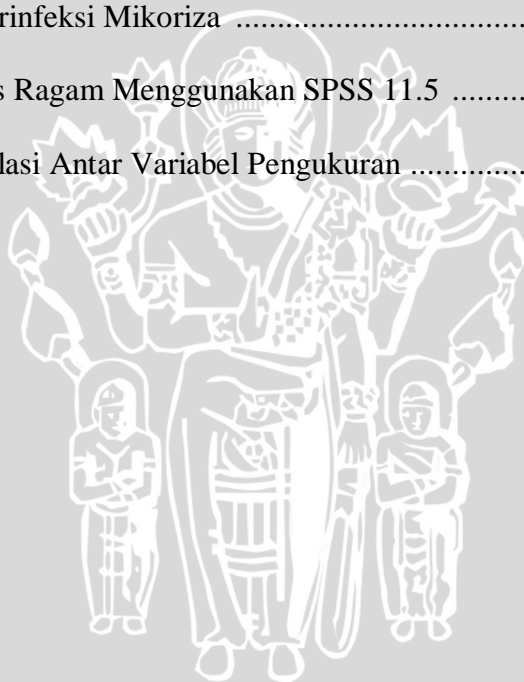
DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Bagian-bagian Tanaman Sengon	20
2.	Sketsa Plot dan Titik Pengamatan	24
3.	Rerata Kadar C-organik Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan	27
4.	Populasi Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan	29
5.	Rerata Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan	33
6.	Rerata Persen Infeksi Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan ...	35



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur Pikir Penelitian	53
2.	Metode Penelitian	54
3.	Foto Kondisi Lahan	60
4.	Deskripsi Profil Tanah	62
5.	Foto Spora Mikoriza	63
6.	Foto Akar Terinfeksi Mikoriza	65
7.	Hasil Analisis Ragam Menggunakan SPSS 11.5	67
8.	Matriks Korelasi Antar Variabel Pengukuran	69



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kesuburan tanah merupakan masalah yang semakin populer di lingkup pertanian Indonesia sebagai negara agraris dan sudah seharusnya upaya penanganan masalah-masalah pertanian selalu ditingkatkan. Kandungan bahan organik merupakan salah satu faktor penting penunjang kesuburan tanah yang menentukan status kesuburan tanah. Kadar C-organik yang rendah menyebabkan tanah tidak mampu menyediakan unsur hara yang cukup untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Bahan organik tanah sangat berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Bahan organik juga memiliki fungsi penting bagi mikroorganisme tanah yaitu C (karbon) sebagai sumber utama nutrisinya.

Salah satu contoh kasus yang berkaitan dengan perbaikan kesuburan tanah adalah pemanfaatan sengon (*Paraserianthes falcataria*) untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah. Kondisi tersebut dapat ditemukan di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, terdapat lahan berbasis sengon yang merupakan wujud nyata upaya petani untuk memperbaiki kesuburan tanah. Pemilihan tanaman sengon sebagai upaya memperbaiki kondisi lahan yang kurang subur di Desa Slamparejo ini didasarkan oleh adanya program penghijauan lahan pada tahun 2003 yang berbasis tanaman sengon. Perbaikan kondisi lahan ini terjadi karena adanya peningkatan masukan bahan organik yang berasal dari pohon sengon pada penggunaan lahan tersebut. Dengan peningkatan masukan Bahan organik ini, maka populasi biota tanah khususnya makro fauna juga akan semakin meningkat, hal ini karena bahan organik tanaman merupakan sumber energi utama bagi kehidupan biota tanah, khususnya makrofauna tanah (Suin, 1989). Kondisi inilah yang mendorong diadakan penelitian pada penggunaan lahan sengon dan selain sengon untuk mendapatkan solusi penggunaan lahan paling tepat dalam upaya perbaikan dan pelestarian kesuburan tanah di Desa Slamparejo.

Pola penggunaan lahan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap populasi, biomasa dan keanekaragaman cacing tanah. Sebaliknya cacing tanah mempunyai peranan penting terhadap perbaikan sifat tanah dengan menghancurkan bahan organik dan mencampurnya dengan tanah, sehingga terbentuk agregat tanah dan memperbaiki struktur tanah (Buck *et al.*, 1999). Selain itu kesuburan tanah juga didukung dengan keberadaan mikoriza yang merupakan simbiosis mutualisme antara cendawan (*myces*) dan perakaran (*riza*) tumbuhan tingkat tinggi. Cendawan ini mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman (Setiadi, 1996). Mikoriza dapat berperan sebagai *biofertilizer*, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan penyerapan hara dan membantu proses pelapukan, sedangkan secara tidak langsung mikoriza dapat meningkatkan serapan air, hara, dan melindungi tanaman dari patogen akar serta unsur toksik seperti logam berat (Subiksa, 2002).

Tanah yang subur menggambarkan kondisi tanah yang baik dan untuk mendukung hal tersebut perlu ditinjau dari beberapa sifat tanah, diantaranya dari sifat kimia tanah, biologi tanah dan fisik tanah. Penelitian ini difokuskan pada aspek biologi tanah yang merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan solusi masalah pengelolaan dan perbaikan kesuburan tanah yang akan dikaji lebih khusus dalam empat parameter utama yaitu kadar C-organik tanah, populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza.

1.2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peran sengon terhadap sifat-sifat biologi tanah untuk perbaikan kesuburan tanah di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang.

1.3. Hipotesis Penelitian

Hipotesa yang diajukan dalam penelitian ini adalah : pertumbuhan sengon dapat menunjang sifat-sifat biologi tanah yang dapat meningkatkan kesuburan tanah di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang.

1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian ini didasarkan pada empat penggunaan lahan yang ada di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, yaitu lahan sengon 3 dan 6 tahun, lahan singkong 3 bulan, dan lahan bero 10 tahun.
2. Sifat biologi tanah yang diteliti terbatas pada empat parameter utama yaitu kadar C-organik tanah, populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini bermanfaat untuk mempelajari perbedaan sifat biologi tanah pada tipe penggunaan lahan yang berbeda dan informasi dari penelitian ini dapat digunakan sebagai indikator kesuburan tanah di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang.
2. Penelitian ini dapat digunakan sebagai dasar penentuan solusi dalam mengatasi permasalahan kesuburan tanah ditinjau dari sifat biologi tanah di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang.
3. Penelitian ini dapat digunakan sebagai *data base* bagi penelitian selanjutnya.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tanah Alfisol

Alfisol termasuk tanah yang subur dan sebagian besar telah dimanfaatkan untuk lahan pertanian. Penggunaan alfisol di Indonesia diusahakan menjadi persawahan (padi) baik tadah hujan ataupun berpengairan, perkebunan (buah-buahan), tegalan dan padang rumput. Penyebaran tanah alfisol di Indonesia terdapat di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Irian Jaya, Bali, Nusa Tenggara Barat dan Nusa Tenggara Timur dengan luasan areal mencapai 12.749.000 hektar (Munir, 1996).

2.1.1. Pembentukan Tanah Alfisol

Faktor-faktor pembentuk tanah terdiri dari bahan induk dan faktor lingkungan yang mempengaruhi perubahan bahan induk menjadi tanah. Faktor pembentukan tanah sebenarnya sangat banyak tetapi yang terpenting menurut Jenny (1941) dalam Munir (1996) adalah iklim, organisme, relief, bahan induk dan waktu. Tanah alfisol terbentuk pada iklim *koppen* dengan bulan kering lebih dari tiga bulan. Sebagian ditemukan di daerah beriklim kering dan sebagian kecil di daerah beriklim basah. Alfisol ini dapat juga ditemukan pada wilayah dengan temperatur sedang atau subtropika dengan adanya pergantian musim hujan dan musim kering (Munir, 1996).

Peranan organisme dalam pembentukan tanah Alfisol ditunjukkan pada tanah yang tertutup hutan. Cacing tanah dan hewan-hewan lainnya berperan dalam proses pencampuran bahan organik (seresah dan humus) dengan bahan mineral pada kedalaman 2-10 cm. Siklus unsur hara secara biologis dari *subsoil* ke horizon O ke A1 merupakan proses penting pada tanah udalf (Munir, 1996). Di daerah beriklim kering (*ustic*), proses pembentukan tanah pada bulan kering lebih lambat dibandingkan pada bulan basah. Di daerah tropika kering (*ustic*) banyak ditemukan toposekuen yang terdiri dari tanah merah (Alfisol) dan tanah hitam (Vertisol). Tanah-tanah merah (Alfisol) ditemukan di tempat dengan drainase

baik, sedangkan untuk tanah hitam (Vertisol) ditemukan di tempat dengan drainase lebih buruk. Tanah-tanah merah biasanya banyak mengandung kaolinit, sedangkan untuk tanah-tanah hitam banyak mengandung montmorilonit. Karena bahan induk diperkirakan sama, maka pencucian silika dan basa-basa dari lereng atas ke lembah-lembah yang diikuti dengan pembentukan montmorilonit di tempat berdrainase buruk tersebut merupakan proses pembentukan tanah utama (Munir, 1996).

Alfisol terbentuk dari bahan induk yang mengandung karbonat dan tidak lebih tua dari pleistosen. Di daerah dingin hampir semuanya berasal dari bahan induk berkapur yang masih muda. Di daerah basah bahan induk biasanya lebih tua daripada di daerah dingin (Munir, 1996). Lamanya waktu pembentukan tanah berbeda-beda dan dipengaruhi oleh bahan induk serta faktor lingkungan yang mempengaruhinya. Boul (1973) dalam Munir (1996) mengemukakan bahwa pembentukan tanah Alfisol di Indonesia berkisar antara 2000-7500 tahun, berdasarkan tingkat perkembangan horizonnya, hal ini juga dikarenakan lambatnya proses akumulasi liat untuk membentuk horizon argilik.

Tanah Alfisol memiliki tekstur tanah yang liat. Liat tertimbun di horizon bawah. Ini berasal dari horizon di atasnya dan tercuci ke bawah bersama dengan gerakan air. Dalam banyak pola Alfisol digambarkan adanya perubahan tekstur yang sangat pendek yang dikenal dalam taksonomi tanah sebagai perubahan tekstur yang sangat ekstrim (Foth, 1998). Partikel tanah liat pada lapisan Alfisol digerakkan oleh air yang meresap dari horizon A dan disimpan pada horizon B. Hasilnya adalah polipidon dengan horizon-horizon yang mempunyai tekstur yang berbeda. Macam pita yang terbentuk berhubungan dengan kandungan liat dan digunakan untuk menggolongkan tanah sebagai lempung, lempung liat atau tanah liat (Poerwowidodo, 1991).

Alfisol adalah tanah-tanah dimana terdapat penimbunan liat di horizon bawah (horizon argilik) dan mempunyai kejenuhan basa tinggi yaitu lebih dari 35% pada kedalaman 180 cm dari permukaan tanah. Bila kejenuhan basa sangat tinggi maka makin ke bawah jumlahnya konstan, sedangkan bila pada horizon argilik kadarnya tidak tinggi maka jumlahnya harus bertambah makin ke horizon

bawah. Tanah ini tidak memiliki epipedon molik, oxik, ataupun horizon spodik. Juga termasuk pada tanah Alfisol adalah tanah-tanah yang kejenuhan basanya kurang 35 % tetapi pada horizon argilik di padatan lidah-lidah horizon albik dan kejenuhan basa bertambah makin ke horizon bawah (Hakim *et al.*, 1986).

2.1.2. Karakteristik Tanah Alfisol di Jawa Timur

Alfisol merupakan tanah yang relatif muda, masih banyak mengandung mineral primer yang mudah lapuk, mineral liat kristalin dan kaya unsur hara. Tanah ini mempunyai kejenuhan basa tinggi, KTK dan cadangan unsur hara tinggi. Alfisol merupakan tanah-tanah di mana terdapat penimbunan liat di horizon bawah, liat yang tertimbun di horizon bawah ini berasal dari horison di atasnya dan tercuci ke bawah bersama gerakan air perkolasi (Hardjowigeno, 1992). Alfisol merupakan tanah yang telah berkembang dengan karakteristik profil tanah membentuk sekuen horizon A/E/Bt/C, yang terbentuk melalui proses kombinasi antara podsolisasi dan laterisasi pada daerah iklim basah dan biasanya terbentuk dibawah tegakan hutan berkayu keras (Tan, 2000). Alfisol adalah tanah-tanah di daerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi untuk menggerakkan lempung turun ke bawah dan membentuk horizon argilik. Horizon argilik merupakan horizon atau lapisan tanah yang terbentuk akibat terjadi akumulasi liat.

Alfisol memiliki ciri penting: (a) perpindahan dan akumulasi liat di horizon B membentuk horizon argilik pada kedalaman 23-74 cm, (b) kemampuan memasok kation basa sedang hingga tinggi yang memberikan bukti hanya terjadi pelindian/pencucian sedang, (c) tersedianya air cukup untuk pertumbuhan tanaman selama tiga bulan atau lebih (Soil Survey Staff, 1975). Warna tanah Alfisol pada lapisan atas sangat bervariasi dari coklat abu-abu sampai coklat kemerahan (Tan, 2000). Lahan usahatani yang sudah lama dimanfaatkan tanpa usaha pengawetan, dapat mengalami penurunan kesuburan kimiawi dan fisik tanah, sehingga produktivitasnya rendah. Alfisol memiliki kondisi geografis dan agroklimat yang mendorongnya untuk menjadi tanah marjinal. Tanah marjinal sangat beragam permasalahannya, dari terlalu basa ($\text{pH} > 7$) hingga masam ($\text{pH} < 5$), *solum* dangkal, bahan organik rendah, kahat hara makro (N, P, K, Mg, dan S) dan

mikro (Fe dan Zn), daya simpan air rendah, dan drainase tanah buruk. Oleh karena itu untuk pengelolaan tanah marjinal perlu penanganan khusus sesuai dengan masalah yang terdapat di lapang (Sudaryono 1988; Sudaryono 1995). Lebih lanjut, Tan (2000) mengemukakan bahwa tanah-tanah Alfisol yang telah mengalami erosi, kurang menguntungkan bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan horizon argilik akan terekspose keluar menjadi lapisan atas, lapisan ini dapat menghambat pertumbuhan tanaman, terutama pertumbuhan akar.

Hasil karakterisasi tanah Alfisol di Jawa Timur oleh Wijanarko *et al.* (2004) mengenai C-organik dan pH tanah diuraikan masing-masing berikut ini :

1) C-organik Tanah

Menurut hasil penelitian Wijanarko *et al.* (2004), status C-organik di Jawa Timur dan Jawa Tengah umumnya rendah ($< 2\%$) baik pada kedalaman 0-20 cm maupun pada kedalaman 20-40 cm kecuali di Wates, pada kedalaman 0-20 cm C-organiknya 2,29% (Tabel 1). Kandungan C-organik di Donomulyo juga tergolong rendah ($< 2\%$) yaitu 1,38% pada kedalaman 0-20 cm dan 1,29% pada kedalaman 20-40 cm. Perbedaan status C-organik di kedalaman yang berbeda bisa jadi disebabkan oleh tingkat pengelolaan tanah yang berbeda. Rata-rata kandungan C-organik tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah adalah 1,58% (rendah).

Tabel 1. Kandungan C-organik Tanah Alfisol di Tujuh Lokasi Jawa Timur dan Jawa Tengah (Wijanarko *et al.*, 2004)

Lokasi	Kandungan C organik (%)	
	0-20 cm	20-40 cm
Donomulyo, Malang	1,38	1,29
Megeri, Blora	1,60	1,77
Wates, Blitar	2,29	1,10
Kendal, Ngawi	1,06	1,21
Jumapolo, Karanganyar	1,55	1,47
Nguntoronadi, Wonogiri	1,56	1,65
Wirosari, Grobogan	1,62	1,64

2) pH Tanah

Hasil penelitian Wijanarko *et al.* (2004) menunjukkan nilai-nilai pH tanah (H_2O) atau pH tanah aktual dari sampel tanah alfisol yang diamati bervariasi dari status masam sampai netral (Tabel 2). Nilai pH terendah didapatkan di Kendal, sedangkan yang tertinggi terdapat di Megeri. Pada lokasi di Donomulyo, Megeri, dan Wates nilai pH turun dengan kedalaman tanah, kisaran selisihnya 0,1-0,2 unit. Sebaliknya di empat lokasi lain nilai pH pada kedalaman 20-40 cm lebih tinggi dibandingkan pada kedalaman 0-20 cm dengan selisih 0,1-0,8 unit. Salah satu penyebab kenaikan pH pada lapisan 20-40 cm ini adalah adanya pencucian basa-basa ke lapisan yang lebih dalam. Di semua lokasi, pH (KCl) atau pH potensial lebih rendah dibandingkan dengan pH (H_2O). Hal ini menunjukkan bahwa muatan tanah didominasi oleh muatan negatif. Tan (1998), Hardjowigeno (1992) dan Tisdale *et al.* (1985) mengemukakan bahwa apabila selisih pH (H_2O) dengan pH (KCl) bernilai positif maka sebagian besar misel tanah bermuatan negatif. Selisih antara pH (H_2O) dengan (KCl) pada kedalaman 0-20 cm dan 20-40 cm berkisar 0,3-0,7 unit.

Tabel 2. pH Tanah Alfisol di Tujuh lokasi Jawa Timur dan Jawa Tengah (Wijanarko *et al.*, 2004)

Lokasi	pH H_2O 0-20 cm	pH H_2O 20-40 cm	pH KCl 0-20cm	pH KCl 20-40 cm
Donomulyo, Malang	6,55	6,38	6,18	5,85
Megeri, Blora	7,18	7,13	6,58	6,60
Wates, Blitar	5,53	5,33	4,80	4,70
Kendal, Ngawi	4,78	4,88	4,35	4,18
Jumapolo, Karanganyar	5,48	6,35	5,20	4,93
Nguntoronadi, Wonogiri	5,40	6,00	4,95	5,33
Wirosari, Grobogan	4,90	5,23	4,20	4,45

2.2. Bahan Organik Tanah

Bahan organik tanah merupakan timbunan binatang dan jasad renik yang sebagian telah mengalami perombakan. Bahan organik ini biasanya berwarna coklat dan bersifat koloid yang dikenal dengan humus. Bahan organik memiliki

peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman, sehingga jika kadar bahan organik tanah menurun, kemampuan tanah dalam mendukung produktivitas tanaman juga menurun. Menurunnya kadar bahan organik merupakan salah satu bentuk kerusakan tanah yang umum terjadi.

Bahan organik tanah memiliki peranan yang penting dalam biologi tanah, peranannya dalam hal penyediaan energi yang dibutuhkan oleh organisme menjamin keberlangsungan aktivitas organisme dalam tanah, hal ini yang kemudian dapat meningkatkan kegiatan organisme mikro maupun makro yang ada di dalam tanah. Bahan organik tanah mampu menambah unsur hara dalam tanah dan meningkatkan kapasitas tukar kation, sehingga dengan peranannya tersebut, bahan organik tanah sangat dibutuhkan untuk mengefisienkan pemupukan.

Tingginya kandungan bahan organik tanah dapat mempertahankan kualitas sifat fisik tanah sehingga membantu perkembangan akar tanaman dan kelancaran siklus air tanah melalui peningkatan ruang pori tanah, dengan adanya kemampuan bahan organik tanah untuk mengikat air dalam jumlah yang besar tentunya dapat mengurangi jumlah kehilangan air di dalam tanah, dengan demikian jumlah air hujan yang dapat masuk kedalam tanah (infiltrasi) meningkat sehingga mampu mengurangi aliran permukaan dan erosi (Hairiah dan Aini, 2007).

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang sangat penting bagi ekosistem tanah, yaitu sebagai sumber dan pengikat hara serta sebagai substrat bagi mikroba tanah. Macam bahan organik tanah dapat diklasifikasikan ke dalam fraksi-fraksi berdasarkan ukuran, berat jenis, dan sifat-sifat kimianya. Aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah dapat membantu terjadinya agregasi tanah sehingga dapat meningkatkan ketersediaan air tanah dan mengurangi terjadinya erosi dalam skala luas. Hasil mineralisasi bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan hara tanah dan nilai kapasitas tukar kation tanah, sehingga kehilangan hara melalui proses pencucian dapat dikurangi.

2.2.1. Bahan Organik Pada Tanah Alfisol

Bahan organik dalam tanah Alfisol merupakan fraksi bukan mineral yang ditemukan sebagai bahan penyusun tanah. Kadar bahan organik yang terdapat

dalam tanah Alfisol berkisar antara (0,05-5)% dan merupakan tanah yang ideal untuk lahan pertanian, dan untuk tanah organik mendekati 60% dan pada lapisan olah kadar bahan organik memperlihatkan kecenderungan yang menurun (Pairunan *et al.*, 1985). Sumber primer bahan organik dalam tanah Alfisol adalah jaringan tanaman berupa akar, batang, ranting, serta daun. Jaringan tanaman ini akan mengalami dekomposisi dan akan terangkut ke lapisan bawah serta diinkorporasikan dengan tanah (Islami dan Utomo, 1995).

Bahan organik dalam tanah Alfisol terdiri dari bahan organik kasar dan bahan organik halus atau humus. Lapisan I pada tanah Alfisol mempunyai humus yang terdiri dari hancuran bahan organik kasar serta senyawa-senyawa yang baru dibentuk dari hancuran bahan organik tersebut melalui kegiatan mikroorganisme di dalam tanah. Humus merupakan senyawa yang resisten (tidak mudah hancur), berwarna hitam atau cokelat yang memiliki daya menahan air dan unsur hara yang tinggi. Jumlah dan sifat komponen-komponen organik dalam sisa-sisa tumbuhan sangat berpengaruh menentukan penimbunan bahan organik dalam tanah. Terutama pada lapisan I tanah alfisol memiliki kandungan humus yang lebih banyak sehingga kandungan bahan organiknya lebih tinggi dari lapisan dibawahnya (Saifuddin, 1988).

Senyawa organik pada tanah Alfisol umumnya ditemukan di permukaan atau pada lapisan I tanah namun jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-4%. Tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar sekali. Adapun pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah dan dampaknya terhadap pertumbuhan tanaman adalah sumber unsur hara N, P, S, unsur mikro menambah kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara (kapasitas tukar kation tanah menjadi tinggi), sumber energi yang sangat penting bagi mikroorganisme (Hardjowigeno, 1992).

Bahan organik yang terkandung di dalam tanah Alfisol lebih tinggi sehingga mengakibatkan tanah cenderung lebih gelap, terutama pada lapisan I karena merupakan lapisan paling atas. Faktor yang mempengaruhi bahan organik tanah adalah kedalaman lapisan yang menentukan kadar bahan organik. Kadar bahan organik terbanyak ditemukan di lapisan atas, setebal 20 cm (15-20)%, makin ke bawah makin berkurang, contohnya pada setiap lapisan tanah Alfisol,

makin ke bawah (Lapisan III) warnanya lebih muda daripada lapisan I, dan II. Faktor iklim yang berpengaruh adalah suhu dan curah hujan. Makin ke daerah dingin kadar bahan organik makin tinggi. Drainase buruk dimana air berlebihan, oksidasi terhambat karena aerasi buruk menyebabkan kadar bahan organik lebih tinggi daripada tanah berdrainase baik. (Hakim, 1986).

2.3. Cacing Tanah

Cacing tanah termasuk hewan tingkat rendah karena tidak mempunyai tulang belakang (*invertebrata*). Cacing tanah termasuk kelas *Oligochaeta*. Famili terpenting dari kelas ini *Megascilicidae* dan *Lumbricidae*. Cacing tanah bukanlah hewan yang asing bagi masyarakat kita, terutama bagi masyarakat pedesaan. Hewan ini mempunyai potensi yang sangat menakjubkan bagi kehidupan dan kesejahteraan manusia. Dalam bidang pertanian, cacing tanah menghancurkan bahan organik sehingga memperbaiki aerasi dan struktur tanah. Akibatnya lahan menjadi subur dan penyerapan nutrisi oleh tanaman menjadi baik. Keberadaan cacing tanah akan meningkatkan populasi mikroba yang menguntungkan tanaman.

Cacing tanah hidup di tempat yang lembab dan tidak terkena matahari langsung. Kelembaban ini penting untuk mempertahankan cadangan air dalam tubuhnya. Selain itu, kondisi tanah juga mempengaruhi kehidupan cacing seperti pH tanah, temperatur, aerasi, CO₂, bahan organik, jenis tanah, dan suplai makanan. Di antara ketujuh faktor tersebut, pH dan bahan organik merupakan dua faktor yang sangat penting. Kisaran pH yang optimal sekitar 6-7,2. Adapun suhu ideal menurut beberapa hasil penelitian berkisar antara 21-30 °C. Cacing tanah hidup dengan menguraikan bahan organik. Bahan organik ini juga menjadi bahan makanan bagi cacing tanah.

Kepadatan populasi cacing tanah sangat bergantung pada faktor fisika-kimia tanah dan tersedianya makanan yang cukup baginya (Suin, 1989). Pada tanah yang berbeda faktor fisika-kimianya tentu kepadatan populasi cacing tanahnya juga berbeda. Demikian juga jenis vegetasi yang tumbuh pada suatu daerah sangat menentukan jenis cacing tanah dan kepadatan populasi di daerah tersebut.

Cacing tanah terdapat hampir di seluruh belahan bumi. Cacing tanah hidup di berbagai lapisan tanah, ada yang hidup di permukaan dan di lapisan tanah bawah. Beberapa ada yang hidup dalam tonggak kayu, pada ketiak cabang pohon, bahkan ada yang hidup di pohon sekitar 10 m di atas permukaan tanah. Cacing tanah selalu hidup dekat dengan sumber makanannya dengan kondisi lembab yang dibutuhkan untuk bernafas. Cacing tanah mengekskresikan cairan dari dalam tubuhnya untuk menangkap oksigen. Apabila lingkungan tanah terlalu lembab (misalnya setelah hujan), maka terjadi kekurangan oksigen. Cacing akan keluar ke permukaan tanah sehingga tubuhnya akan ter-*expose* terhadap sinar matahari langsung (radiasi ultra violet) yang sangat berbahaya bagi hidupnya. Bila kondisi lingkungan tanah tidak terlalu menguntungkan, cacing tanah masih bisa bertahan hingga batas tertentu dengan jalan masuk ke lapisan yang lebih dalam dan melingkarkan tubuhnya. Aksi cacing tanah ini disebut dengan *aestivasi* (Hairiah dan Aini, 2007).

Cacing tanah secara umum dapat dikelompokkan berdasarkan tempat hidup, kotoran, kenampakan warna, dan makanan kesukaannya (Edwards, 1998; Paoletti, 1999) sebagai berikut:

- 1) *Epigaesis*; cacing yang aktif dipermukaan, warna gelap, penyamaran efektif, tidak membuat lubang, kotoran tidak nampak jelas, pemakan seresah di permukaan tanah dan tidak mencerna tanah. Contohnya : *Lumbricus rubellus* dan *Lumbricus castaneus*.
- 2) *Anazesis*; berukuran besar, membuat lubang terbuka permanen ke permukaan tanah; pemakan serah di permukaan tanah dan membawanya ke dalam tanah, mencerna sebagian tanah, warna sedang bagian punggung, dengan penyamaran rendah, kotoran di permukaan tanah atau terselip di antara tanah. Contohnya : *Eophila tellinii*, *Lumbricus terrestris*, dan *Allolobophora longa*.
- 3) *Endogaesis*; hidup di dalam tanah dekat permukaan tanah, sering dalam dan meluas, kotoran di dalam lubang, tidak berwarna, tanpa penyamaran, pemakan tanah dan bahan organik, serta akar-akar mati. Contohnya : *Allolobophora chlorotica*, *Allolobophora caliginosa*, dan *Allolobophora rosea*.

- 4) *Coprophagic*; hidup pada pupuk kandang. Contohnya : *Eisenia foetida*, *Dendrobaena veneta*, dan *Metaphire schmardae*.
- 5) *Arboricolous*; hidup di dalam suspensi tanah pada hutan tropik basah. Contohnya : *Androrrhinus spp.*

Cacing tanah mudah dijumpai pada daerah iklim basah, sedang, dan tropik (Minnich, 1997 dalam Maftu'ah, 2001). Jika kondisi tanah sesuai, cacing tanah sebagian besar dijumpai di lapisan atas (20-30 cm). Keberadaan cacing tanah di dalam tanah dipengaruhi oleh :

1. Kelembaban tanah

Kelembaban sangat diperlukan untuk menjaga agar kulit cacing tanah berfungsi normal. Bila udara terlalu kering, akan merusak keadaan kulit. Untuk menghindarinya, cacing tanah segera masuk ke dalam lubang dalam tanah, berhenti mencari makan dan akhirnya mati. Bila kelembaban terlalu tinggi atau terlalu banyak air, cacing tanah segera lari untuk mencari tempat yang pertukaran udaranya baik. Kelembaban yang baik untuk pertumbuhan cacing tanah adalah antara 15-30% (Simandjuntak dan Waluyo, 1982).

2. Kemasaman Tanah

Tingkat kemasaman tanah menentukan besarnya populasi cacing tanah. Cacing tanah dapat berkembang dengan baik pada pH netral, atau sedikit basa. pH yang ideal untuk cacing tanah adalah 6-7,2.

3. Temperatur/suhu tanah

Aktifitas, metabolisme, respirasi serta reproduksi cacing tanah dipengaruhi oleh temperatur tanah. Suhu yang optimum di daerah tropika untuk produksi cacing tanah adalah pada suhu 16° C, sedangkan suhu yang optimal untuk pertumbuhan cacing tanah adalah 10-20° C. Suhu tanah di atas 25° C masih cocok untuk cacing tanah tetapi harus diimbangi dengan kelembaban yang memadai (Simandjuntak dan Waluyo, 1982).

4. Tekstur Tanah

Tekstur tanah yang paling disukai cacing tanah adalah tekstur lempung. Dengan semakin meningkatnya kadar liat atau pasir maka populasi cacing tanah akan menurun (Maftu'ah, 2001).

5. Bahan Organik

Populasi cacing tanah dipengaruhi oleh bahan organik tanah, dimana dengan meningkatnya bahan organik maka populasi cacing tanah akan meningkat. Kualitas bahan organik juga mempengaruhi cacing tanah. Bahan organik kualitas tinggi menyebabkan tingginya populasi cacing tanah untuk sementara waktu dan populasi cacing tanah akan menurun dengan semakin menurunnya kandungan bahan organik tanah (Hairiah dan Aini, 2007).

2.3.1. Pengaruh Cacing Tanah Terhadap Sifat Biologi Tanah

Cacing tanah makan pada saat bergerak di dalam tanah dengan makan semua sisa tanaman dan hewan, kemudian mengeluarkan sisa makanan sebagai kotoran cacing (*cast*) yang diproduksi setiap 24 jam. *Cast* yang dihasilkan oleh cacing tanah memiliki kandungan unsur hara yang lebih tinggi daripada tanah di sekitarnya yang bermanfaat meningkatkan kesuburan tanah. Aktifitas cacing tanah mempengaruhi laju dekomposisi tanah pertanian karena cacing tanah merupakan hewan tanah yang mengkonsumsi serasah. Pengaruh tersebut tergantung pada masukan unsur hara dan bahan organik. Cacing tanah meningkatkan mineralisasi unsur hara dan meningkatkan ketersediaan unsur hara untuk tanaman dari kotoran cacing tanah. Kotoran cacing tanah yang dihasilkan kaya akan C-organik. Cacing tanah sering disebut “perut bumi” karena berbagai mikroorganisme menguntungkan ada di perut cacing tanah. Karenanya, cacing tanah berperan penting dalam mempercepat proses pelapukan bahan organik sisa. Dengan kemampuannya memakan bahan organik seberat badannya sendiri setiap 24 jam, cacing tanah mampu mengubah semua bentuk bahan organik menjadi tanah subur. Kemampuan inilah yang dimanfaatkan petani untuk memperbaiki kesuburan lahan pertaniannya (Kartini, 2008).

Cacing tanah dapat menyuburkan dan menjaga kesuburan tanah. Cacing tanah awalnya akan memakan bahan organik di atas permukaan tanah. Kemudian turun ke bagian dalam tanah, berarti cacing tanah memindahkan bahan organik dari lapisan atas menuju lapisan bawah tanah. Cacing tanah ketika berpindah ke bagian bawah juga membuat pori-pori yang dapat memperbaiki aerasi tanah.

Selanjutnya cacing tanah juga mengeluarkan kotoran. Dengan cara itu, cacing tanah mampu memodifikasi lingkungan dan menyediakan unsur hara bagi organisme lain. Cacing tanah dapat disebut sebagai *ecosystem engineers*. Selain itu cacing tanah juga termasuk organisme yang berperan dalam *sustainable agriculture* yang berprinsip mengurangi pupuk kimia yang mencemari lingkungan dan polusi air tanah. Cacing tanah juga dikenal sebagai dekomposer. Binatang hermaprodit (berjenis kelamin ganda) ini berperan dalam proses dekomposisi dengan menghancurkan bahan-bahan organik, sampah dan seresah pada lahan tempat hidupnya (Adirosi, 2010).

Cacing tanah mempunyai arti penting bagi kualitas sifat biologi tanah pada lahan pertanian. Lahan yang banyak mengandung cacing tanah akan menjadi subur, sebab kotoran cacing tanah yang bercampur dengan tanah telah siap untuk diserap akar tumbuh-tumbuhan. Cacing tanah juga dapat meningkatkan daya serap air permukaan. Lubang-lubang yang dibuat oleh cacing tanah meningkatkan konsentrasi udara dalam tanah. Disamping itu pada saat musim hujan lubang tersebut akan melipatgandakan kemampuan tanah menyerap air. Secara singkat dapat dikatakan cacing tanah berperan memperbaiki dan mempertahankan sifat-sifat biologi tanah.

2.4. Mikoriza

Mikoriza adalah simbiosis antara fungi dengan akar tanaman yang memiliki banyak manfaat, diantaranya adalah membantu meningkatkan status hara tanaman, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, penyakit, dan kondisi tidak menguntungkan lainnya (Auge, 2000). *Mikoriza Arbuskula* (MA) dapat ditemukan hampir pada sebagian besar tanah dan pada umumnya tidak mempunyai inang yang spesifik. Namun tingkat populasi dan komposisi jenisnya sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan sejumlah faktor lingkungan seperti suhu, pH, dan kelembaban tanah. Suhu terbaik untuk perkembangan MA adalah pada suhu 30 °C, tetapi untuk kolonisasi miselia yang terbaik adalah pada suhu 28-35 °C (Suhardi, 1989).

MA dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman dimana tiap jenis tanaman dapat juga berasosiasi dengan satu atau lebih jenis MA. Tetapi tidak semua jenis tumbuhan dapat memberikan respon pertumbuhan positif terhadap inokulasi MA. Tanaman yang mempunyai ketergantungan yang tinggi pada keberadaan MA, biasanya akan menunjukkan pertumbuhan yang nyata terhadap inokulasi MA, dan sebaliknya tidak dapat tumbuh sempurna tanpa adanya asosiasi dengan MA (Setiadi, 2001).

MA mulai ditemukan pada profil tanah sekitar kedalaman 20 cm, walaupun demikian masih terdapat pada kedalaman 70-100 cm. MA tersebar secara aktif (tumbuh dengan *mycelium* dalam tanah) dan tersebar secara pasif dimana MA tersebar dengan angin, air atau mikroorganisme dalam tanah (Coyne, 1999). Lingkungan dan faktor biotik diketahui memiliki pengaruh terhadap pembentukan MA dan derajat infeksi dari sel korteks inang. Perbedaan waktu yang diperlukan untuk infeksi tersebut disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: kerapatan akar, rata-rata pertumbuhan akar, jumlah spora/unit volume tanah, persentase perkecambahan spora dan rata-rata pertumbuhan hifa. Interaksi antar faktor-faktor biotik memiliki efek yang signifikan dalam merespon pertumbuhan tanaman yang diinokulasi. Faktor lingkungan berpengaruh terhadap pembentukan MA dalam hal suplai dan keseimbangan hara, yaitu kelembaban dan pH tanah (Richards, 1987).

Jamur mikoriza dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu jamur yang hidup di permukaan akar (ektomikoriza) dan yang hidup di dalam korteks akar (endomikoriza) yang juga dikenal sebagai MA. Mikoriza memiliki hifa atau miselium yang menembus jauh ke luar akar yang sangat bermanfaat untuk meningkatkan serapan hara oleh tanaman inangnya. Berdasarkan morfologi sporanya, MA dibagi dalam enam genus yaitu: *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora*, *Sclerocystis*, *Scutellospora*, dan *Entrophospora*.

Berdasarkan cara infeksiya terhadap tanaman inang mikoriza dibagi sebagai berikut :

- 1) Ektomikoriza; Bersimbiosis dengan pohon dari famili : *Pinaceae*, *Betulaceae*, *Myrtaceae* dan *Fagaceae*. Cendawan ini dapat dilihat langsung di lapangan

dengan ciri bahwa bagian akar yang terinfeksi akan membesar/membengkak dan bercabang dikotom. Fungi ini membentuk *sheath* atau mantel di sekitar akar dan penetrasi hifa di antara dinding sel jaringan korteks. Membentuk *hartig net* yang merupakan tempat pertukaran hara. Fungi ini memproduksi hormon tumbuh dan zat pengatur tumbuh yang dapat mendorong perubahan akar secara morfologis (bercabang dan membesar) sehingga meningkatkan luas permukaan dan kapasitas absorpsi akar.

- 2) Endomikoriza; Tipe infeksi terjadi di dalam sel. Dicitrakan dengan dibentuknya vesikula dan arbuskula. Terbentuk juga hifa inter dan intra seluler dalam kortek serta *eksternal mycellium* di sekitar akar tanaman (rhizosfer) sehingga akar dapat menyerap unsur hara dengan jangkauan lebih luas dan jauh. Contoh genus MA : *Glomus*, *Scelerocystis*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Gigaspora* dan *Scutellospora*. Menginfeksi kebanyakan tanaman pangan, hortikultura, dan perkebunan.
- 3) Ektendomikoriza; Memiliki tipe infeksi yang merupakan perpaduan antara ektomikoriza dengan endomikoriza.

Hubungan timbal balik antara MA dengan tanaman inangnya mendatangkan manfaat positif bagi keduanya (Donelly, 1994). Bagi tanaman inang, adanya asosiasi ini dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi pertumbuhannya, baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung, MA berperan dalam perbaikan struktur tanah, meningkatkan kelarutan hara dan proses pelapukan bahan induk. Sedangkan secara langsung, MA dapat meningkatkan serapan air, hara dan melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik.

Peranan MA dalam rhizosfer adalah memfasilitasi pergerakan mineral tanah menuju tanaman. Tumbuhan inang dapat menyediakan sumber karbon terlarut untuk cendawan. MA juga mampu mendegradasi senyawa-senyawa yang sukar diuraikan dalam tanah (Donelly, 1994). Nuhamara dalam Subiksa (2002), memaparkan bahwa sedikitnya ada beberapa hal yang dapat membantu perkembangan tanaman dengan adanya bantuan mikoriza yaitu :

1. Mikoriza dapat meningkatkan absorpsi hara dari dalam tanah, serta berperan dalam perbaikan struktur tanah.
2. Mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan kelembaban yang ekstrim.
3. Mikoriza dapat berperan sebagai biokontrol terhadap patogen dan unsur toksik.
4. Menjamin terselenggaranya proses biogeokemis.
5. Sebagai penyimpan dan transfer hara ke akar tanaman.

Prinsip kerja dari mikoriza ini adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang mengandung mikoriza tersebut akan mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan unsur hara (Iskandar, 2001).

2.5. Pengaruh Sifat Biologi Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pada umumnya sistem pengelolaan lahan pertanian yang berbeda misalnya yang intensif dan kurang intensif akan mempengaruhi kondisi iklim mikro tanah. Hal tersebut disebabkan oleh adanya perubahan iklim mikro tanah (kadar air tanah dan suhu tanah) karena adanya perbedaan tingkat penutupan tanah oleh kanopi tanaman. Selain itu juga disebabkan oleh pengaruh sifat-sifat biologi tanah yaitu perubahan jumlah, macam dan kualitas masukan bahan organik ke dalam tanah, sehingga mempengaruhi populasi fauna tanah (makro dan mikro fauna tanah). Fauna tanah berperan penting dalam mempertahankan ketersediaan hara (contoh: mikoriza), porositas dan infiltrasi air tanah (contoh: cacing tanah). Dengan demikian, laju limpasan permukaan dan erosi bisa dikurangi sehingga produktivitas tanah dan tanaman dapat dipertahankan.

Bahan organik merupakan sumber energi bagi fauna tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Salah satu mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan

organik antara lain adalah cacing tanah. Mikroflora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, karena bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi.

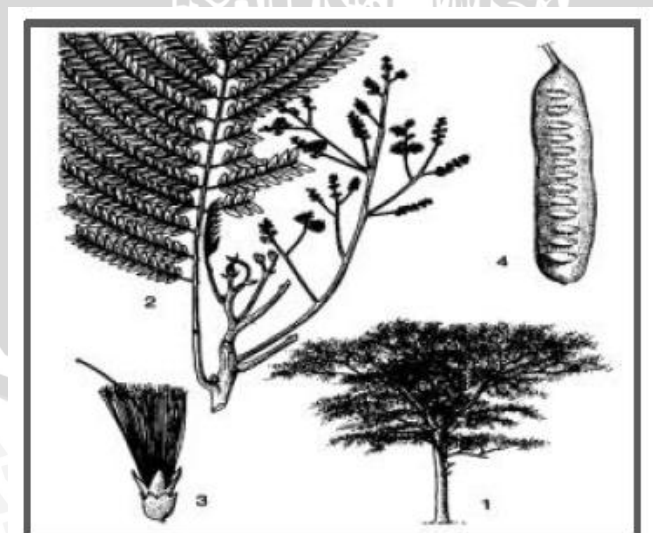
Pengaruh positif yang lain dari penambahan bahan organik adalah pengaruhnya pada pertumbuhan tanaman. Terdapat senyawa yang mempunyai pengaruh terhadap aktivitas biologis yang ditemukan di dalam tanah, yaitu senyawa perangsang tumbuh (auksin). Senyawa ini berasal dari eksudat tanaman, pupuk kandang, kompos, sisa tanaman dan juga berasal dari hasil aktifitas mikrobia dalam tanah.

Tanaman yang bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan daripada yang tidak bermikoriza. Rusaknya jaringan korteks akibat kekeringan dan matinya akar tidak akan permanen pengaruhnya pada akar yang bermikoriza. Setelah periode kekurangan air (*water stress*), akar yang bermikoriza akan cepat kembali normal. Hal ini disebabkan karena hifa cendawan mampu menyerap air yang ada pada pori-pori tanah saat akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air. Penyebaran hifa yang sangat luas di dalam tanah menyebabkan jumlah air yang diambil meningkat (Anas, 1997). Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perlindungannya terhadap tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Struktur mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologi bagi terjadinya patogen akar. Terbungkusnya permukaan akar oleh mikoriza menyebabkan akar terhindar dari serangan hama dan penyakit karena infeksi patogen akar akan terhambat. Tambahan lagi mikoriza menggunakan semua kelebihan karbohidrat dan eksudat akar lainnya, sehingga tercipta lingkungan yang tidak cocok bagi patogen. Di lain pihak, mikoriza ada yang dapat melepaskan antibiotik yang dapat mematikan patogen (Anas, 1997). Telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa cendawan mikoriza dapat menghasilkan hormon seperti, sitokinin dan giberelin. Zat pengatur tumbuh seperti vitamin juga pernah dilaporkan sebagai hasil metabolisme cendawan mikoriza (Anas, 1997). Peningkatan sifat biologi tanah yang dinilai dari berbagai parameter akan mengoptimalkan kualitas pertumbuhan tanaman.

2.6. Karakteristik Tanaman Sengon

Sengon Laut termasuk dalam Famili *Mimosaceae* merupakan jenis pohon yang sudah dikenal oleh masyarakat luas, terutama di Jawa dan sekitarnya. Pohon sengon dapat mencapai tinggi 45 meter dan diameter 10 meter. Jenis *Paraserianthes falcataria* merupakan jenis intoleran, cocok ditanam pada lahan terbuka. Oleh sebab itu jenis ini sangat baik untuk pembuatan tanaman penghijauan dan reboisasi. Tajuk berbentuk kuba dan agak jarang sehingga memungkinkan cahaya matahari dapat menembus bagian bawah tajuk, jenis tumbuhan perdu dan tumbuhan penutup tanah lainnya dapat tumbuh dengan baik (Prosea, 1994).

Tanaman sengon merupakan tanaman multiguna untuk daerah tropika basah. Kegunaan tanaman ini merupakan kayu serbaguna untuk konstruksi ringan, kerajinan tangan, kotak cerutu, *veneer*, kayu lapis, korek api, alat musik, dan *pulp*. Daunnya dapat digunakan sebagai pakan ternak seperti ayam dan kambing. Di Ambon, kulit batang sengon digunakan untuk penyamak jaring, kadang-kadang sebagai pengganti sabun. Sengon ditanam sebagai pohon pelindung, tanaman hias, reboisasi dan penghijauan (Prosea, 1994).



1. bentuk pohon; 2. ranting berbunga dengan bagian daun; 3. bunga
4. polong. Dari: Plant Resources of South-East Asia No. 5:1

Gambar 1. Bagian-bagian Tanaman Sengon (Prosea, 1994)

Karakterisasi tanaman sengon adalah sebagai berikut :

a) Nama Umum

Indonesia : *Jeunjing* (Sunda), Sengon Laut (Jawa), *Sika* (Maluku) ; Brunai : *Puah* ; Malaysia : *Kayu Machis* (Serawak) ; Papua New Guinea : *White Albizia* ; Philipina : *Mollucan sau*.

b) Sebaran

Maluku, Papua New Guinea, Kepulauan Bismarck, dan Kepulauan Solomon. *Paraserianthes falcataria* secara umum banyak ditanam di wilayah tropis.

c) Manfaat

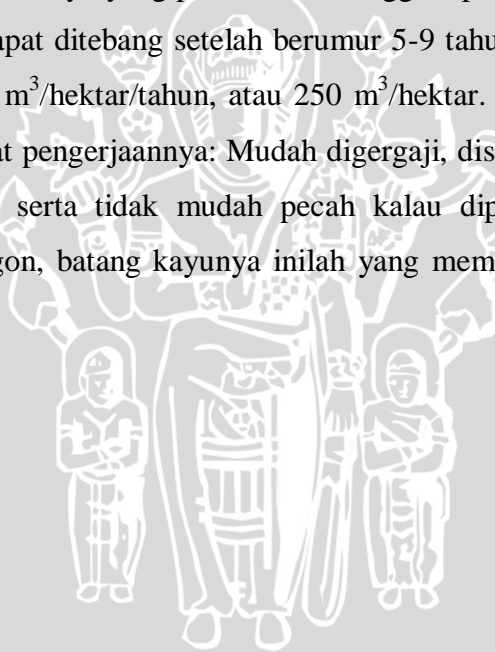
Sebagai kayu yang lunak banyak digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti untuk konstruksi ringan, panel, interior, dan bahan bangunan lain. Kegunaan lain dapat digunakan sebagai *pulp*, kayu kontruksi/bangunan, peti kemas, korek api, *pulp*, *jointed board/wood working*, *sawmill*, *moulding*, kerajinan tangan *meubelair*, kayu bakar dan arang, selain itu juga bisa digunakan sebagai tanaman *alley farming* dan *intercropping* (Budelman, 2000).

d) Botani Falcataria

Falcataria termasuk ke dalam golongan *leguminosae* dengan sub famili *mimisoidae*, selain *paraserianthes* sering disebut juga dengan *albizia*. Sengon memiliki bunga yang berwarna putih dengan tangkai buah tipis dan datar berukuran panjang 10-13 cm dan lebar 2 cm (Budelman, 2000). Pada kondisi yang ideal, sengon dapat tumbuh mencapai tinggi 7 m dalam 1 tahun, tinggi 15 m dalam 3 tahun dan 30 m dalam 10 tahun (Nas, 1983 dalam Budelman, 2000).

Tanaman sengon membutuhkan suhu udara yang sedang, yaitu optimal pada suhu 21-30⁰C namun dapat tumbuh pada suhu maksimum 34⁰C. Sengon dapat tumbuh pada daerah dengan ketinggian tempat ± 1200 m di atas permukaan laut (Budelman, 2000). Sengon dapat tumbuh pada kondisi tanah dengan drainase baik, tanah bertekstur lempung, lempung liat berpasir, lempung berdebu, lempung berliat, lempung liat berdebu atau bertekstur lebih halus. Tanaman sengon menginginkan pH 5,5- 7,0. Kemiringan tanah yang cocok untuk tanaman sengon adalah 0-15% dengan batuan di permukaan kurang dari 3% (FAO, 1984). Curah

hujan mempunyai beberapa fungsi untuk tanaman sengon, di antaranya sebagai pelarut zat nutrisi, pembentuk gula dan pati, sarana transpor hara dalam tanaman, pertumbuhan sel dan pembentukan enzim, dan menjaga stabilitas suhu. Tanaman sengon membutuhkan batas curah hujan minimum yang sesuai, yaitu 15 hari hujan dalam 4 bulan terkering, namun juga tidak terlalu basah, dan memiliki curah hujan tahunan yang berkisar antara 2000-4000 mm. Kelembaban juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman sengon. Reaksi setiap tanaman terhadap kelembaban tergantung pada jenis tanaman itu sendiri. Tanaman sengon membutuhkan kelembaban sekitar 50-75%. Kegunaan tanaman sengon adalah sebagai salah satu tumbuhan yang dapat memperbaiki kesuburan tanah, sengon juga merupakan penghasil kayu yang produktif. Ketinggian pohon dapat mencapai 25-45 meter. Sengon dapat ditebang setelah berumur 5-9 tahun. Potensi produksi kayunya sebesar 10-40 m³/hektar/tahun, atau 250 m³/hektar. Kayu sengon dapat dimanfaatkan untuk. Sifat pengerjaannya: Mudah digergaji, diserut, dipahat, dibor, diampelas, dan diplitur, serta tidak mudah pecah kalau dipaku. Dari seluruh kegunaan tanaman sengon, batang kayunya inilah yang memiliki nilai kegunaan ekonomis tinggi.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2010, meliputi penelitian lapangan dan laboratorium. Penelitian lapangan dilakukan di lahan petani Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang. Lahan yang diteliti meliputi lahan sengon 3 dan 6 tahun, lahan singkong 3 bulan, dan lahan bero 10 tahun. Dilanjutkan pengamatan di Laboratorium Kimia dan Biologi, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan dalam penelitian ini yang digunakan di lapang dan laboratorium meliputi berbagai variabel (Tabel 3).

Tabel 3. Alat dan Bahan Penelitian di Lapangan dan Laboratorium

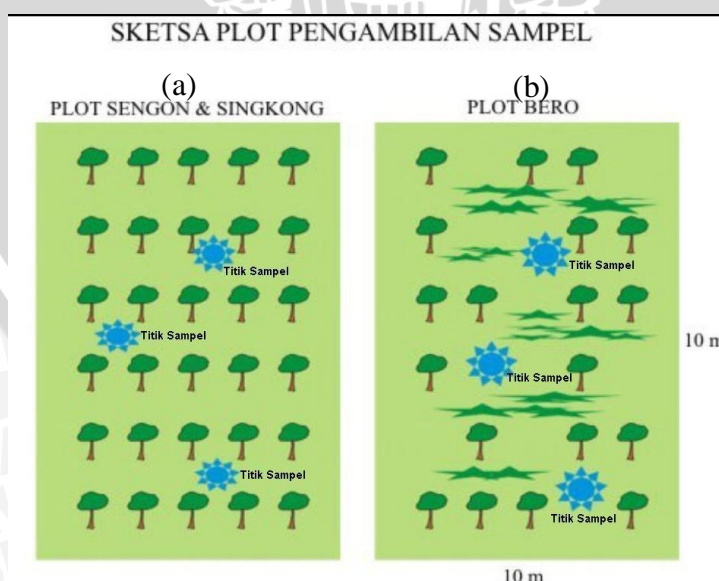
Lapangan	
Variabel Pengukuran	Alat & Bahan
Kadar C-Organik (pengambilan sampel tanah)	Cangkul, cetok, plastik, karet, kertas label, alat tulis.
Populasi cacing tanah	Cangkul, cetok, nampan, pinset, bingkai besi ukuran 20x20x10 cm, alat tulis, kertas label, air bersih.
Mikoriza (pengambilan sampel akar dan tanah)	Cangkul, cetok, gunting, <i>cutter</i> , gergaji kecil, plastik, karet, kertas label, alat tulis, air bersih.
Laboratorium	
Variabel Pengukuran	Alat & Bahan
Kadar C-Organik	Tanah (\emptyset 0,5 mm), elenmeyer 500 ml, gelas ukur 20 ml & 10 ml, larutan FeSO ₄ 1 N, larutan H ₂ SO ₄ & H ₃ PO ₄ indikator, timbangan analitik, ayakan 0,5 mm, larutan K ₂ Cr ₂ O ₇ , pipet 10 ml.
Infeksi mikoriza	Akar (\emptyset 0,5-1 mm), mikroskop, <i>beaker glass</i> , cawan petri, KOH 10% dan HCl 2%, Trypan blue 0,05% dalam laktofenol, pisau, <i>tissue</i> .
Spora mikoriza	Tanah, blender tanah (<i>shaker</i>), saringan bersusun (\emptyset 710 μ m, 250 μ m, 105 μ m dan 53 μ m), tabung silinder, penyemprot, cawan petri, aquadest, air gula 60%, <i>sentrifuge</i> , mikroskop.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan di lahan sengon 3 dan 6 tahun, lahan singkong 3 bulan, dan lahan bero 10 tahun. Tahap-tahap penelitian meliputi : (1) persiapan, (2) survey lapangan, (3) perhitungan populasi cacing tanah, analisis kadar C-organik tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza, (4) analisis data, dan (5) penyusunan skripsi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi deskriptif. Data beserta informasi dikumpulkan, dianalisis, dan diinterpretasikan serta dibahas untuk digunakan sebagai acuan dalam menarik kesimpulan dan pemberian saran serta rekomendasi.

3.3.1 Penentuan Plot dan Titik Pengamatan

Penelitian dilakukan dengan pembuatan plot (10 m x 10 m) pada keempat penggunaan lahan yang diamati (Gambar 2). Plot yang sudah ditentukan ditandai dengan tali rafia. Pada masing-masing plot diambil 3 titik pengamatan sebagai ukuran sampel. Penentuan titik dilakukan secara acak atau *random sampling* yaitu cara pengambilan sampel dengan memberikan kesempatan yang sama untuk diambil kepada setiap elemen populasi. Sketsa plot (a) adalah lahan sengon dan singkong, sedangkan plot (b) adalah lahan bero (Gambar 2).



Gambar 2. Sketsa Plot dan Titik Pengamatan Pada Plot Sengon, Singkong, dan Bero

3.3.2 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada tempat yang sama dengan lokasi pengambilan cacing tanah dan akar tanaman. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm, lalu dikering-udarkan selama 2-3 hari di laboratorium pengeringan tanah. Tanah yang sudah kering dihaluskan sehingga diperoleh tanah kering udara ($\phi \leq 0,5$ mm) yang digunakan untuk analisis kadar C-organik tanah. Sampel tanah untuk analisis spora mikoriza tidak perlu diayak dan dikeringkan tetapi segera disimpan di lemari es untuk segera diamati, hal ini bertujuan untuk menjaga kelangsungan hidup mikroba yang ada di dalam tanah.

3.3.3 Penentuan Kepadatan Cacing Tanah dan Cocoon

Pengambilan sampel cacing tanah dilakukan pada musim penghujan, dimana dalam kondisi basah cacing tanah telah dewasa dan dalam keadaan paling aktif sehingga akan mudah dijumpai. Pengambilan dilakukan pada pagi hari yaitu antara pukul 06.00 WIB – 09.00 WIB sebelum suhu tanah menjadi terlalu panas. Metode yang digunakan dalam pengambilan sampel cacing tanah adalah metode *Hand Sorting*. Pengambilan sampel cacing tanah diawali dengan menancapkan bingkai besi berukuran 20x20x10 cm ke dalam tanah. Tanah di sekitar bingkai digali untuk membatasi pergerakan cacing tanah ke tempat lain. Sampel cacing tanah diambil pada kedalaman antara 0-10, 10-20, dan 20-30 cm (Lampiran 2, Gambar 2). Jumlah cacing tanah dihitung per luasan sampel untuk menentukan kepadatan populasi cacing tanah. Perhitungan *cocoon* dilakukan dengan metode *hand sorting* (Satyadhaja, 1994).

3.3.4 Pengambilan Sampel Akar

Pengumpulan sampel akar dilakukan pada pohon yang telah dipilih berdasarkan denah plot pengambilan sampel. Pemilihan akar ditentukan dengan memilih akar berdiameter 0,5-1,0 mm. Pengumpulan sampel akar dilakukan dengan cara memotong akar yang dibutuhkan dengan gergaji kecil lalu dibersihkan dari tanah yang menempel, kemudian disimpan dalam plastik. Akar

yang baru dipotong dijaga kelembabannya dengan memberi sedikit air sebelum dibawa ke laboratorium. Akar yang tidak langsung dianalisis setelah dipotong, segera disimpan dalam lemari es. Terakhir, tempelkan kertas label pada plastik yang menyebutkan nama kolektor, tanggal pengambilan, dan jenis tanaman.

3.3.5 Analisis Laboratorium

Analisis laboratorium bertujuan untuk mengetahui sifat tanah dan keberadaan mikoriza pada keempat lahan yang diamati. Macam dan metode sifat biologi dan kimia tanah yang diteliti pada pertumbuhan sengon 3 dan 6 tahun, singkong, dan pada kondisi lahan bero meliputi empat parameter (Tabel 4).

Tabel 4. Parameter dan Metode Penelitian

Parameter	Metode
C-Organik	<i>Walkley and Black</i>
Populasi cacing tanah	<i>Hand Sorting</i>
Spora Mikoriza	<i>Wet Sieving</i>
Infeksi mikoriza	Pewarnaan dengan Trypan Blue 0,05 %

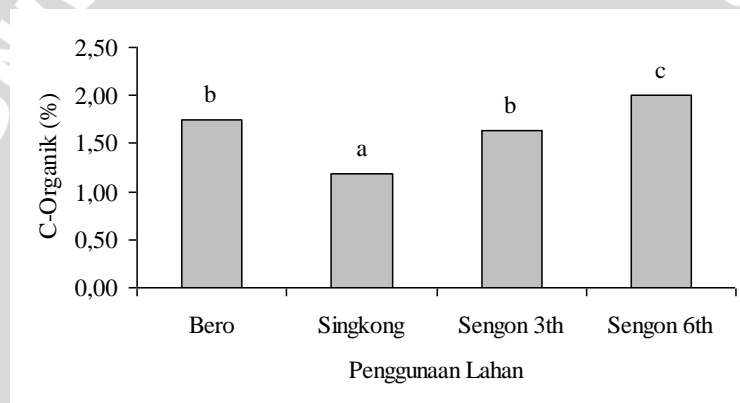
3.4 Analisis Statistik

Parameter sifat biologi tanah yang diamati pada keempat lahan dianalisis keragamannya untuk mengetahui pengaruh tanaman sengon terhadap nilai sifat-sifat biologi tanahnya. Analisis ragam dan uji Tukey dilakukan menggunakan program komputer SPSS 11.5, sedangkan untuk mengetahui keeratan hubungan antar parameter digunakan uji korelasi menggunakan program komputer yang sama.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kadar C-Organik Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kadar C-organik tanah antar sistem penggunaan lahan memiliki perbedaan nyata ($p < 5\%$) (Lampiran 7). Rerata kadar C-organik yang diperoleh pada keempat penggunaan lahan secara berturut-turut dari yang tertinggi ke terendah adalah pada lahan sengon 6 tahun (2,02 %), lahan bero (1,73 %), lahan sengon 3 tahun (1,71 %), dan lahan singkong (1,30 %) (Gambar 3).



Gambar 3. Rerata Kadar C-organik Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan
Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar C-organik pada lahan sengon 6 tahun masih banyak terakumulasi di permukaan tanah sehingga kadar C-organiknya paling tinggi dibandingkan ketiga lahan lainnya (Tabel 5), sedangkan pada lahan singkong sebagian besar C-organik telah terdekomposisi lebih lanjut menjadi berbagai macam senyawa sehingga kadar C-organiknya rendah. Kadar C-organik di lahan bero lebih tinggi daripada di lahan sengon 3 tahun karena perbedaan masukan seresah. Pada lahan sengon 3 tahun masukan seresah lebih sedikit dibanding lahan bero, selain itu usia sengon yang masih 3 tahun menyebabkan masukan seresahnya lebih sedikit dibandingkan pepohonan di lahan bero yang usianya lebih dari 6 tahun. Lahan bero memiliki vegetasi yang beragam sehingga menyumbang seresah lebih tinggi dari lahan sengon 3 tahun, namun

tidak sebanyak masukan seresah pada lahan sengon yang usianya sudah mencapai 6 tahun.

Tabel 5. Rerata Kadar C-organik Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Rerata C-Organik (%)
Bero	1,73 b
Singkong	1,30 a
Sengon 3 tahun	1,71 b
Sengon 6 tahun	2,02 c

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

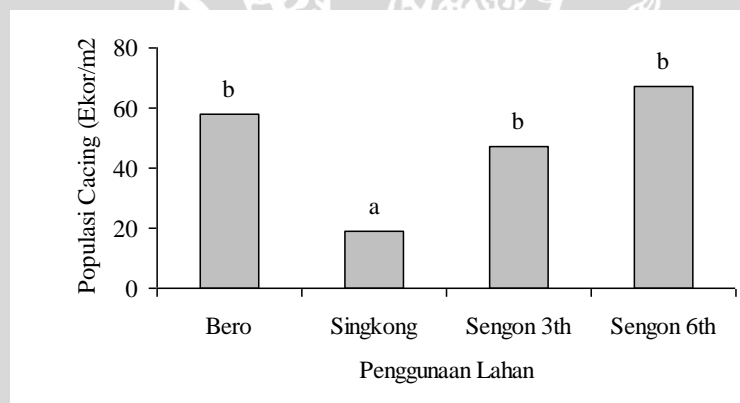
Tingginya kadar C-organik tanah pada lahan sengon 6 tahun menunjukkan adanya seresah yang tinggi sebagai masukan bahan organik. Lahan singkong dengan kadar C-organik paling rendah tidak memiliki vegetasi naungan yang lebat sehingga masukan seresah sedikit. Sebaran vegetasi berkaitan erat dengan pola tertentu dari temperatur dan curah hujan. Pada lahan dengan vegetasi yang jarang maka akumulasi bahan organik juga rendah. Pada lahan sengon 3 dan 6 tahun serta lahan bero, suhu rata-rata adalah 21°C dan kadar C-organiknya tinggi, sementara pada lahan singkong dengan suhu rata-rata 23°C memiliki kadar C-organik paling rendah. Suhu tanah yang rendah akan berdampak pada menurunnya kegiatan mikroorganisme sehingga proses dekomposisi lambat. Pada lahan dengan kondisi jenuh air dan suhu rendah, maka kadar C-organik akan meningkat dengan laju dekomposisi bahan organik yang rendah.

Pada lahan pertanian, rendahnya jumlah dan diversitas vegetasi dalam suatu luasan menyebabkan rendahnya keragaman kualitas masukan bahan organik dan tingkat penutupan permukaan tanah oleh lapisan seresah. Tingkat penutupan (tebal tipisnya) lapisan seresah pada permukaan tanah berhubungan erat dengan laju dekomposisinya (pelapukannya). Semakin lambat terdekomposisi maka keberadaannya di permukaan tanah menjadi lebih lama (Hairiah *et al.*, 2000). Proses perombakan bahan organik merupakan mekanisme awal yg selanjutnya menentukan fungsi dan peran bahan organik tersebut di dalam tanah. Bahan organik memainkan peran utama dalam pembentukan agregat dan struktur tanah

yang baik, sehingga secara tidak langsung akan memperbaiki kondisi fisik tanah, serta mempermudah penetrasi air, penyerapan air, perkembangan akar, serta meningkatkan ketahanan terhadap erosi.

4.2 Populasi Cacing Tanah

Sistem penggunaan lahan yang berbeda berpengaruh nyata pada jumlah populasi cacing tanah ($p < 5\%$) (Lampiran 7). Populasi cacing tanah yang diperoleh pada keempat penggunaan lahan secara berturut-turut dari yang tertinggi ke terendah adalah pada lahan sengon 6 tahun (67 ekor m^{-2}), lahan bero (58 ekor m^{-2}), lahan sengon 3 tahun (47 ekor m^{-2}), dan lahan singkong (19 ekor m^{-2}) (Gambar 4). Lahan yang banyak mengandung cacing tanah akan menjadi subur, sebab kotoran cacing tanah yang bercampur dengan tanah telah siap untuk diserap akar tanaman. Cacing tanah juga dapat meningkatkan daya serap air permukaan sehingga dapat memperbaiki dan mempertahankan struktur tanah agar tetap gembur.



Gambar 4. Populasi Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan
Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

Kelimpahan cacing tanah pada lahan sengon 6 tahun, lahan bero, dan lahan sengon 3 tahun disebabkan oleh pengaruh dari kadar C-organik tanah yang tinggi, hal ini terkait dengan ketersediaan sumber makanan bagi cacing tanah. Sedangkan pada lahan singkong kadar C-organiknya paling rendah sehingga sumber energi untuk kehidupan cacing tanah sedikit, hal ini mengakibatkan aktifitas dan populasi

cacing tanah menurun. Pada umumnya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian akan menurunkan jumlah populasi cacing tanah (Fragoso *et al.*, 1997).

Populasi cacing tanah dipisahkan dengan pengukuran jumlah *cocoon*, cacing muda, dan cacing dewasa yang ditemukan di tempat pengambilan sampel. Penggolongan cacing dewasa ditentukan berdasarkan klitelum, pada umumnya cacing dewasa sudah memiliki klitelum dan yang belum berklitelum termasuk cacing muda. Berdasarkan hasil penelitian ini, ditemukan *cocoon* hanya pada lahan bero. Jumlah cacing dewasa yang ditemukan paling banyak sampai paling sedikit secara berurutan adalah pada lahan bero (18 ekor m^{-2}) > lahan sengon 6 tahun (16 ekor m^{-2}) > lahan sengon 3 tahun (3 ekor m^{-2}), sedangkan pada lahan singkong tidak ditemukan cacing dewasa. Jumlah cacing muda paling banyak sampai paling sedikit secara berurutan terdapat di lahan sengon 6 tahun (51 ekor m^{-2}) > lahan sengon 3 tahun (44 ekor m^{-2}) > lahan bero (40 ekor m^{-2}) > lahan singkong (19 ekor m^{-2}).

Tabel 6. Rerata Jumlah Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Rerata Jumlah Cacing Tanah (ekor m^{-2})
Bero	58 b
Singkong	19 a
Sengon 3 tahun	47 b
Sengon 6 tahun	67 b

Jumlah total cacing dewasa yang ditemukan (37 ekor m^{-2}) tergolong sedikit dibandingkan dengan jumlah total cacing muda dari semua penggunaan lahan (154 ekor m^{-2}). Hal ini bisa disebabkan oleh perpindahan cacing tanah dewasa setelah menetas telurnya. Selain itu berkurangnya populasi bisa juga terjadi karena cacing dewasa mati akibat kondisi lingkungan yang tidak sesuai lagi dengan kebutuhan hidupnya. Lahan singkong memiliki populasi cacing tanah yang paling sedikit dibandingkan tiga penggunaan lahan yang lain. Hal ini disebabkan karena pada lahan singkong petani melakukan pengelolaan secara intensif terhadap tanaman singkong, misalnya penyiangan gulma dan

pencangkulan. Penyiangan gulma dapat menyebabkan hilangnya seresah serta tumbuhan bawah yang ada pada lahan. Lahan tanaman singkong yang terbuka menyebabkan sinar matahari langsung terpantul ke tanah dan mematikan cacing tanah. Selain itu aktifitas pencangkulan juga dapat mematikan cacing tanah.

Menurut Rukmana (1999), cacing tanah bereaksi negatif terhadap sinar atau menghindari sinar dan cacing tanah tidak tahan terhadap sinar ultraviolet. Bila cacing tanah terkena sinar ultraviolet selama satu menit saja maka dapat langsung mematikan cacing tersebut. Tubuh cacing mempunyai mekanisme untuk menjaga keseimbangan air dengan mempertahankan kelembaban di permukaan tubuh dan mencegah kehilangan air yang berlebihan. Cacing yang terdehidrasi akan kehilangan sebagian besar berat tubuhnya dan tetap hidup walaupun kehilangan 70-75 % kandungan air tubuh. Namun saat terjadi kekeringan yang berkepanjangan memaksa cacing tanah untuk bermigrasi ke lingkungan yang lebih cocok bagi kestabilan tubuhnya. Pada lahan singkong tidak terdapat vegetasi naungan yang menyumbangkan masukan seresah dalam jumlah banyak, hal ini berpengaruh terhadap penurunan bahan organik dan berakibat pada berkurangnya ketersediaan sumber makanan bagi cacing tanah sehingga jumlahnya relatif sedikit dibandingkan lahan berbasis sengon yang memiliki vegetasi naungan sekaligus tumbuhan bawah.

4.2.1. Tipe Cacing Tanah

Tipe ekologi cacing tanah yang ditemukan pada keempat penggunaan lahan yang diamati adalah tipe epigeik dan endogeik (Tabel 7). Jumlah total cacing tanah tipe epigeik (135 ekor m^{-2}) lebih banyak ditemukan pada keempat penggunaan lahan dibandingkan jumlah total tipe endogeik (56 ekor m^{-2}). Cacing tanah tipe epigeik yang ditemukan secara berurutan dari paling banyak sampai paling sedikit adalah pada lahan sengon 6 tahun (57 ekor m^{-2}) > lahan bero (49 ekor m^{-2}) > lahan sengon 3 tahun (29 ekor m^{-2}), sedangkan pada lahan singkong tidak ditemukan cacing tipe epigeik. Tipe epigeik ini hidup dan makan bahan organik di lapisan atas (seresah) dan tidak masuk ke dalam tanah. Pada lahan tanaman singkong hanya ditemukan cacing tanah tipe endogeik. Pada ketiga lahan

yang lain ditemukan dua tipe cacing tanah yaitu epigeik dan endogeik. Secara berurutan jumlah cacing tipe endogeik yang ditemukan dari tertinggi ke terendah adalah pada lahan singkong (19 ekor m^{-2}) > lahan sengan 3 tahun (18 ekor m^{-2}) > lahan sengan 6 tahun (10 ekor m^{-2}) > lahan bero (9 ekor m^{-2}). Tipe endogeik adalah cacing tanah yang hidupnya di dalam tanah dekat permukaan namun sering bergerak dalam dan meluas serta memakan tanah, bahan organik, serta akar-akar mati. Berdasarkan hasil tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa sistem penggunaan lahan yang berbeda berpengaruh terhadap populasi dan keragaman tipe ekologi cacing tanah di Desa Slamparejo. Diversitas cacing tanah akan menjadi suatu indikator terhadap tingkat kesuburan tanah. Sumber makanan merupakan faktor utama yang mempengaruhi diversitas cacing tanah (Lavelle, 1994).

Tabel 7. Populasi dan Tipe Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan

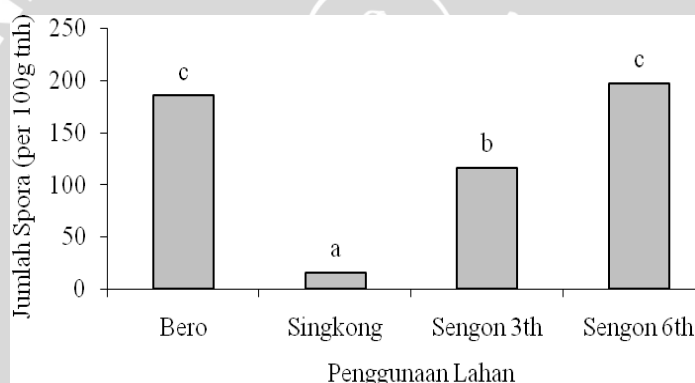
Penggunaan Lahan	Tipe Ekologi	
	Epigeik (ekor m^{-2})	Endogeik (ekor m^{-2})
Bero	49	9
Singkong	-	19
Sengan 3th	29	18
Sengan 6th	57	10

Sistem pengolahan lahan juga berpengaruh terhadap tipe ekologi cacing tanah. Pengolahan lahan singkong secara intensif dapat menurunkan kadar C-organik dalam tanah sehingga bahan makanan bagi cacing berkurang sehingga populasi cacing tanah menurun. Pada lahan singkong dengan strata vegetasi yang sedikit, cacing tanah yang ditemukan hanya tipe endogeik. Cacing tipe endogeik beraktivitas di dalam tanah sehingga meskipun kondisi lahan singkong lebih panas namun kelembaban tubuhnya terjaga karena aktifitasnya berada di dalam tanah, karena itu tidak ditemukan tipe epigeik di lahan tanaman singkong karena kurangnya naungan membuat kondisi suhu lebih tinggi dan cahaya matahari langsung menuju permukaan tanah. Kondisi suhu yang terlalu tinggi dapat merusak keadaan kulit cacing dan fungsinya tidak berjalan normal. Hal ini

menunjukkan bahwa lahan singkong kurang sesuai sebagai habitat cacing tanah sehingga populasinya lebih sedikit dibandingkan lahan sengon dan lahan bero.

4.3 Kepadatan Spora Mikoriza

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kepadatan spora mikoriza antar penggunaan lahan memiliki perbedaan nyata ($p < 5\%$) (Lampiran 7). Secara berurutan rerata kepadatan spora mikoriza tertinggi sampai terendah yang ditemukan terdapat pada lahan sengon 6 tahun (394 spora/100 g tanah), lahan bero (370 spora/100 g tanah), lahan sengon 3 tahun (232 spora/100 g tanah), dan lahan singkong (30 spora/100 g tanah) (Gambar 5).



Gambar 5. Rerata Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan
Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

Jenis spora yang ditemukan pada keempat lahan adalah *Glomus Sp.*, *Gigaspora Sp.*, dan *Scutellospora Sp.* (Tabel 8). Pada lahan bero dan lahan singkong ditemukan spora *Glomus Sp.*, pada lahan sengon 3 tahun ditemukan spora *Glomus Sp.* dan *Gigaspora Sp.*, sedangkan pada lahan sengon 6 tahun ditemukan spora *Glomus Sp.*, *Gigaspora Sp.*, dan *scutellospora Sp.*

Tabel 8. Jenis Spora Mikoriza yang Ditemukan Pada berbagai Penggunaan lahan

Penggunaan Lahan	Jenis Spora
Bero	<i>Glomus Sp.</i>
Singkong	<i>Glomus Sp.</i>
Sengon 3th	<i>Glomus Sp.</i> , <i>Gigaspora Sp.</i>
Sengon 6th	<i>Glomus Sp.</i> , <i>Scutellospora Sp.</i> , <i>Gigaspora Sp.</i>

Hasil penelitian tersebut sesuai dengan pemaparan Brundett *et al.* (1996), bahwa genus MA yang paling umum dijumpai adalah *Glomus*, *Gigaspora*, *Accaulospora*, dan *Scutellospora*. Dalam perkembangannya cendawan mikoriza sangat membutuhkan kondisi lingkungan yang optimum. Cendawan ini membentuk spora di dalam tanah dan dapat berkembang biak jika berasosiasi dengan tanaman inang. Kondisi lingkungan seperti pH tanah dan suhu tanah akan mempengaruhi perkembangan spora mikoriza di alam. Suhu yang optimum akan mempercepat terjadinya perkembangbiakan baik dalam hal menginfeksi akar tanaman (inang) maupun dalam menghasilkan spora-spora sebagai bagian dari perkembangan berikutnya (Musnawar, 2006).

Tabel 9. Rerata Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	Rerata Kepadatan Spora Mikoriza (Spora/100 g tanah)
Bero	370 c
Singkong	30 a
Sengon 3 tahun	232 b
Sengon 6 tahun	394 c

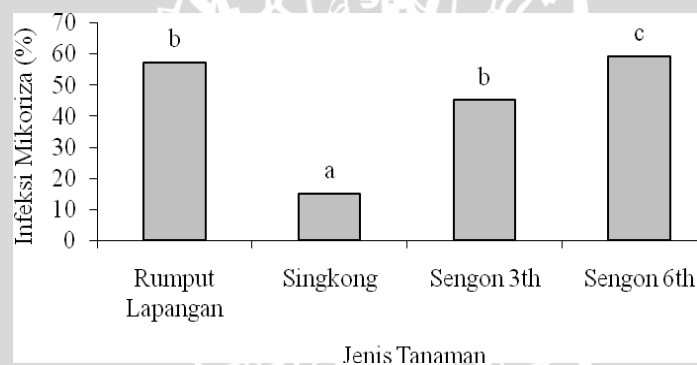
Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

Suhardi (1989) menyatakan bahwa MA mampu beradaptasi secara optimal pada kisaran suhu 18-35 °C. Suhu tanah pada keempat lahan yang teliti antara 21-23 °C, sehingga dapat dikatakan sesuai untuk lingkungan perkembangbiakan MA. Proses perkecambahan dan pembentukan cendawan mikoriza melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di dalam tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa di dalam korteks akar. Suhu yang optimum bagi MA akan mempercepat terjadinya perkembangbiakan baik dalam hal menginfeksi akar tanaman (inang) maupun dalam menghasilkan spora-spora sebagai bagian dari perkembangan berikutnya (Musnawar, 2006). Dalam profil tanah yang normal lapisan tanah atas merupakan sumber unsur-unsur hara makro dan mikro esensial bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu juga berfungsi sebagai sumber bahan organik untuk menyokong kehidupan mikroba. Hilangnya lapisan *top soil* dan

seresah sebagai sumber karbon untuk menyokong kehidupan mikroba potensial merupakan penyebab utama buruknya kondisi populasi mikroba tanah. Hal ini secara tidak langsung akan sangat mempengaruhi kehidupan tanaman yang tumbuh di permukaan tanah tersebut.

4.3.1 Persentase Infeksi Mikoriza

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa persentase infeksi mikoriza antar penggunaan lahan memiliki perbedaan nyata ($p < 5\%$) (Lampiran 7). Secara berurutan rerata persentase infeksi mikoriza dari yang tertinggi sampai terendah terdapat pada lahan sengon 6 tahun (59 %), lahan bero (57 %), lahan sengon 3 tahun (44 %), dan lahan tanaman singkong (15 %) (Gambar 6).



Gambar 6. Rerata Persentase Infeksi Mikoriza Pada Akar Rumpun, Singkong, dan Sengon

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5\%$)

Persentase infeksi mikoriza pada akar sengon 6 tahun dan akar rumput lapangan (di lahan bero) termasuk dalam kategori tinggi, pada akar sengon 3 tahun termasuk kategori sedang, dan pada akar singkong termasuk dalam kategori rendah menurut kriteria persentase infeksi mikoriza oleh Setiadi (1989) (Tabel 10). Mikoriza merupakan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualistik antar cendawan dengan akar tanaman. Baik cendawan maupun tanaman sama-sama memperoleh keuntungan dari asosiasi ini. Infeksi ini antara lain berupa pengambilan unsur hara dan adaptasi tanaman yang lebih baik. Selain itu

cendawan dapat memenuhi keperluan hidupnya (karbohidrat dan keperluan tumbuh lainnya) dari tanaman inang (Anas, 1997).

Tabel 10. Rerata Persentase Infeksi Mikoriza Pada Akar Rumput, Singkong, dan Sengon

Jenis Tanaman	Rerata Infeksi Mikoriza (%)	Tingkat Infeksi Mikoriza	Kelas Infeksi Mikoriza
Rumput Lapangan	57 b	Tinggi	4
Singkong	15 a	Rendah	2
Sengon 3 tahun	44 b	Sedang	3
Sengon 6 tahun	59 c	Tinggi	4

Keterangan : Angka bermotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, $p=5%$)

Suatu simbiosis terjadi apabila cendawan masuk ke dalam akar atau melakukan infeksi. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah. Hifa yang tumbuh melakukan penetrasi ke dalam akar dan berkembang di dalam korteks. Pada akar yang terinfeksi akan terbentuk arbuskul, vesikel intraseluler, hifa internal diantara sel-sel korteks dan hifa eksternal. Penetrasi hifa dan perkembangannya biasanya terjadi pada bagian yang masih mengalami proses diferensiasi dan proses pertumbuhan. Hifa berkembang tanpa merusak sel (Anas, 1997). Hampir semua tanaman pertanian akarnya terinfeksi cendawan mikoriza.

4.4 Hubungan Antara pH, Suhu, dan Kadar C-organik Tanah Dengan Populasi Cacing Tanah

Hasil uji korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara kadar C-organik dengan populasi cacing dewasa ($r=0,75^{**}$) (Lampiran 8). Cacing tanah memiliki sistem pencernaan yang kurang sempurna, karena sedikitnya enzim pencernaan. Oleh karena itu cacing tanah memerlukan bantuan bakteri untuk merubah/memecahkan bahan makanan. Aktivitas bakteri yang kurang dalam makanannya menyebabkan cacing tanah kekurangan makanan dan akhirnya mati karena tidak ada yang membantu pencernaan senyawa karbohidrat dan protein. Namun bila makanan terlalu asam maka aktivitas bakteri berlebihan. Hal ini akan menyebabkan terjadinya pembengkakan tembolok cacing tanah dan berakhir dengan kematian. Keadaan makanan atau lingkungan yang terlalu basah,

mengakibatkan cacing tanah kelihatan pucat dan kemudian mati. Untuk pertumbuhan yang baik dan optimal diperlukan pH antara 6,0-7,2. Pada keempat lahan pH tanah berkisar antara 5,4-6,3 (Tabel 11). Kemasaman tanah juga mengakibatkan keberadaan fauna dan mikroba tanah menurun sehingga terjadi penurunan aktifitas biologi yang mengurangi tingkat kesuburan tanah. Ketersediaan bahan organik erat kaitannya dengan mikoflora dan fauna tanah, karena bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi untuk tumbuh.

Tabel 11. Hasil Pengukuran pH Tanah, Suhu Tanah, dan Kadar Air Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Penggunaan Lahan	pH	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)	Kadar Air (%)
Bero	6,3	21	8,69
Singkong	5,5	23	15,37
Sengon 3 tahun	5,4	21	14,61
Sengon 6 tahun	6,1	21,5	13,31

Suhu tanah selama pengamatan berkisar antara 20-23 $^{\circ}\text{C}$, ini berarti sesuai dengan kondisi optimum pertumbuhan cacing tanah yaitu pada suhu 19-23 $^{\circ}\text{C}$. Suhu yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi akan mempengaruhi proses-proses fisiologis seperti pernafasan, pertumbuhan, perkembangbiakan dan metabolisme cacing tanah. Suhu rendah menyebabkan *cocoon* sulit menetas. Suhu yang hangat (sedang) menyebabkan cepat menetas dan pertumbuhan cacing tanah serta perkembangbiakannya akan berjalan sempurna. Suhu yang lebih tinggi dari 25 $^{\circ}\text{C}$ masih baik asalkan ada naungan yang cukup dan kelembaban yang optimal (15-30%).

Hasil uji korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara kadar C-organik tanah dengan populasi cacing tanah ($r=0,87^{**}$) (Lampiran 8). Kadar C-organik tanah yang tinggi merupakan indikasi kesuburan tanah pada suatu lahan, sehingga aktifitas cacing tanah meningkat. Pada lahan yang subur maka ketersediaan makanan bagi cacing tanah meningkat sehingga pertumbuhan dan perkembangbiakannya meningkat. Cacing tanah akan berkembang dengan baik apabila faktor lingkungan tersebut sesuai dengan kebutuhannya. Makanan cacing

tanah berupa daun-daunan serta sampah organik yang sudah lapuk. Seresah segar atau kering dapat memberikan kelembaban tanah yang cukup, sehingga dapat meningkatkan biomas cacing tanah. Cacing tanah dapat mencerna senyawa organik tersebut menjadi molekul yang sederhana yang dapat diserap oleh tubuhnya. Sisa pencernaan makanan dikeluarkan melalui anus kemudian dikeluarkan dalam bentuk kotoran (*cast*) dan berfungsi kembali menyuburkan tanah. Aktivitas cacing tanah yang menghasilkan *cast* memberikan sumbangan yang berguna bagi peningkatan kesuburan tanah di sekitarnya dan untuk mempertahankan produktifitas lahan (Lavelle, 1994).

Cacing tanah sering merupakan komponen utama biomas makrofauna di dalam tanah. Hal ini disebabkan cacing tanah hidup kontak langsung dengan tanah dan memiliki kontribusi penting terhadap proses siklus unsur hara di dalam lapisan tanah, tempat akar tanaman terkonsentrasi. Selain itu lubang yang dibuat cacing tanah merupakan proporsi utama ruang pori makro di dalam tanah, sehingga cacing tanah dapat secara nyata mempengaruhi kondisi tanah yang berhubungan dengan hasil tanaman.

4.5 Hubungan Antara Kadar C-organik Tanah, Populasi Cacing Tanah Dengan Kepadatan Spora Mikoriza

Hasil uji korelasi menunjukkan keeratan hubungan antara spora mikoriza dengan kadar C-organik tanah ($r=0,87^{**}$) dan populasi cacing tanah ($r=0,92^{**}$) (Lampiran 8). Seringkali ada hubungan langsung antara persentase C-organik total dan karbon dari biomassa mikroba yang ditemukan dalam tanah pada zona iklim yang sama. Menurut Tamhane *et al.* (1970) dalam Rahardjo *et al.* (2001), dekomposisi bahan organik menghasilkan asam-asam organik dan apabila jumlahnya banyak dalam tanah akan meningkatkan kandungan senyawa organik dalam tanah yang dicirikan dengan meningkatnya kandungan C-organik tanah.

Perkembangan *mikoriza arbuskular* (MA) memerlukan kondisi lingkungan yang optimum. Faktor yang mempengaruhi perkembangan dan fungsi mikoriza adalah eksudat akar dan interaksi antara fungi dengan mikroorganisme lain. Kualitas lingkungan di sekitarnya merupakan pendukung perkembangan MA

secara tidak langsung. Tingkat kesuburan tanah dapat mempengaruhi besarnya pembentukan morfologi (morfogenesis) mikoriza. Faktor kesuburan tanah berperan sebagai penunjang fisiologi dan morfologi akar sehingga menentukan kualitas dan kuantitas eksudat akar serta aktifitas mikroorganisme pendukung perkembangbiakan mikoriza. MA merupakan tipe asosiasi mikoriza yang tersebar sangat luas dan ada pada sebagian besar ekosistem yang menghubungkan antara tanaman dengan rizosfer. Simbiosis terjadi dalam akar tanaman dimana cendawan mengkolonisasi *apoplast* dan sel korteks untuk memperoleh karbon dari hasil fotosintesis dari tanaman (Delvian, 2004).

Keberadaan mikoriza dan cacing tanah adalah sebagai indikator kesuburan tanah. Aktifitas organisme tanah dan populasinya yang tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhannya sehingga dapat dikatakan kondisi tanah subur dan akan sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Mikoriza membantu meningkatkan kesuburan tanah dari aspek biologi dengan mempertahankan ketersediaan unsur hara dalam tanah, sedangkan cacing tanah mampu menghancurkan bahan organik sehingga memperbaiki aerasi dan struktur tanah. Lahan dengan tanaman bermikoriza umumnya tahan terhadap kekeringan sehingga dapat dipastikan cacing tanah juga akan mampu beradaptasi dengan kondisi lingkungan tersebut.

4.6 Hubungan Antara Kadar C-organik Tanah, Populasi Cacing Tanah, dan Kepadatan Spora Mikoriza Dengan Persentase Infeksi Mikoriza

Hasil uji korelasi menunjukkan hubungan yang erat antara persentase infeksi mikoriza dengan kadar C-organik tanah ($r=0,72^{**}$), populasi cacing tanah ($r=0,70^{**}$), dan kepadatan spora mikoriza ($r=0,82^{**}$) (Lampiran 8). Kepadatan spora mikoriza yang tertinggi pada lahan sengon menunjukkan hasil persen infeksi mikorizanya juga tertinggi. Tingkat kolonisasi akar merupakan prasyarat MA pada tanaman inang. Tingkat kolonisasi di lapangan tergantung pada spesies tanaman inang, kondisi tanah, dan spesies MA indigen. Persentase kolonisasi juga tergantung kepada kepadatan akar tanaman. Lebih jauh dikatakan bahwa tingkat kolonisasi memberikan gambaran seberapa besar pengaruh luar terhadap

hubungan akar dan MA. Proses infeksi dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah. Keberadaan spora mikoriza yang melimpah pada lahan sengon menyebabkan infeksi pada akar sengon juga meningkat. Hal tersebut didukung dengan tingginya kadar C-organik tanah yang menyebabkan kondisi tanah semakin subur dan sesuai untuk perkembangbiakan mikoriza, selain itu interaksi MA dengan fauna tanah seperti cacing tanah dapat saling mendukung dalam menciptakan kondisi tanah yang sesuai untuk perkembangbiakan mikroflora dan fauna tanah.

4.7 Pembahasan Umum

Keberlanjutan produksi pertanian membutuhkan pemeliharaan kualitas tanah. Istilah kualitas tanah (*soil quality*) yang diaplikasikan pada ekosistem menunjukkan kemampuan tanah untuk mendukung secara terus menerus pertumbuhan tanaman pada kualitas lingkungan yang terjaga (Magdoff, 2002). Untuk aplikasi di bidang pertanian, yang dimaksud kualitas tanah adalah kemampuan tanah untuk berfungsi dalam batas-batas ekosistem yang sesuai untuk produktivitas biologis, mampu memelihara kualitas lingkungan dan mendorong tanaman dan hewan menjadi sehat (Magdoff, 2002). Secara lebih terinci kualitas tanah didefinisikan sebagai kecocokan sifat fisik, kimia, dan biologi yang bersama-sama: (1) menyediakan suatu media untuk pertumbuhan tanaman dan aktivitas biologi; (2) mengatur dan memilah aliran air dan penyimpanan di lingkungan; serta (3) berperan sebagai suatu penyangga lingkungan dalam pembentukan dan perusakan senyawa-senyawa yang meracuni lingkungan.

Tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) merupakan komoditi potensial di Indonesia. Upaya pelestarian tanaman sengon telah memunculkan kebijakan pemerintah melalui DEPHUTBUN untuk menggalakkan 'sengonisasi' di sekitar DAS di Jawa, Bali, dan Sumatera. Gerakan 'sengonisasi' ini juga telah digalakkan di Desa Slamparejo sehingga pada tahun 2003 desa tersebut mendapat penghargaan dari pemerintah Jawa Timur atas keberhasilannya melaksanakan 'sengonisasi'. Penghijauan lahan berbasis sengon tersebut tidak hanya dilakukan sebagai upaya perbaikan kondisi lahan namun juga untuk meningkatkan

penghasilan ekonomi petani. Manfaat tanaman sengon sangat banyak sehingga nilai jualnya tinggi sekaligus bermanfaat untuk upaya perbaikan kesuburan tanah.

Saat ini sengon banyak diusahakan di kawasan hutan tanaman, perkebunan maupun di kebun-kebun milik rakyat (hutan rakyat) di Pulau Jawa dan di luar Pulau Jawa. Sengon memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus kedalam tanah, akar rambutnya tidak terlalu besar, tidak rimbun dan tidak menonjol ke permukaan tanah. Akar rambutnya berfungsi untuk menyimpan zat nitrogen, oleh karena itu tanah disekitar pohon sengon menjadi subur. Ketinggian tempat yang optimal untuk tanaman sengon antara 0-800 m dpl, namun juga masih dapat tumbuh hingga ketinggian 1500 m dpl. Lahan sengon usia 6 tahun dan 3 tahun dalam penelitian ini berada pada ketinggian antara 600-700 m dpl sehingga ketinggiannya tergolong optimal untuk pertumbuhan tanaman sengon. Sengon termasuk jenis tanaman tropis, sehingga untuk tumbuhnya memerlukan suhu sekitar 18-27 °C. Tajuk tanaman sengon berbentuk menyerupai payung dengan rimbun daun yang tidak terlalu lebat. Daun sengon tersusun majemuk menyirip ganda dengan anak daunnya kecil-kecil dan mudah rontok sehingga memperbanyak masukan seresah, hal ini yang menjadikan lahan sengon yang diteliti memiliki kandungan bahan organik yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman sengon serta mempertahankan tanah berada dalam kondisi subur.

Berdasarkan hasil analisis ragam kadar C-organik pada tiap lahan berbeda nyata ($p < 5\%$) (Lampiran 7). Kadar C-organik pada lahan sengon 6 tahun menunjukkan nilai paling tinggi dibandingkan lahan lainnya yaitu (2,02 %), diikuti dengan lahan bero tahun (1,73 %), dan lahan sengon 3 tahun (1,71 %). Lahan tanaman singkong memiliki kadar C-organik paling rendah yaitu (1,30 %). Lahan bero digunakan sebagai kontrol dalam penelitian ini karena pada lahan bero tidak ada aktifitas pertanian, dengan kata lain kondisi lahan masih alami dan memiliki vegetasi yang beragam dengan dominasi rumput lapangan. Pada lahan bero dengan strata vegetasi yang tinggi dapat menyumbang seresah lebih banyak dari lahan sengon 3 tahun, namun tidak sebanyak masukan seresah pada lahan sengon yang usianya sudah mencapai 6 tahun. Lahan tanaman singkong

merupakan lahan tanaman semusim yang mendapatkan perlakuan pengolahan secara terus-menerus. Pengolahan tersebut telah mengurangi tingkat kesuburan tanah akibat kurangnya masukan bahan organik sebab tidak ada pengembalian panen setelah umbi singkong dicabut. Berbeda dengan lahan bero yang memiliki lebih banyak strata vegetasi dan lahan tanaman sengon yang memiliki masukan seresah dalam jumlah banyak dari rontokan daun sengon.

Lahan pertanian baik di daerah beriklim sedang maupun di daerah tropik didiami oleh cacing tanah, walaupun spesiesnya dapat berbeda-beda dari suatu tempat ke tempat lainnya. Tindakan budidaya pertanian mempengaruhi populasi cacing tanah dan sebaliknya. Pola penggunaan lahan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap populasi, biomas dan keanekaragaman cacing tanah. Sebaliknya cacing tanah mempunyai peranan penting terhadap perbaikan sifat tanah seperti menghancurkan bahan organik dan mencampurnya dengan tanah, sehingga terbentuk agregat tanah dan memperbaiki struktur tanah (Buck, 1999). Cacing tanah juga memperbaiki aerasi tanah melalui aktivitas pembuatan lubang dan juga memperbaiki porositas tanah akibat perbaikan struktur tanah. Cacing tanah mampu menggali lubang di sekitar permukaan tanah sampai kedalaman dua meter dan aktivitasnya meningkatkan kadar oksigen tanah sampai 30 %, memperbesar pori-pori tanah, memudahkan pergerakan akar tanaman, serta meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap dan menyimpan air. Selain itu cacing tanah mampu memperbaiki ketersediaan unsur hara dan kesuburan tanah secara umum (Edwards, 1998). Adanya hubungan yang erat antara populasi cacing tanah dengan faktor-faktor lingkungannya dapat dijadikan alternatif pendugaan kualitas tanah yang ramah lingkungan, antara lain hubungannya dengan diversifikasi tanaman dan kelembaban/suhu. Dengan memperhatikan peran cacing tanah terhadap kesuburan tanah maka penurunan kualitas tanah dapat diduga dan diantisipasi tanpa harus mengganggu tanah sebagai suatu sistem hayati.

Populasi cacing tanah pada keempat lahan menunjukkan kualitas kesuburan tanahnya, tanah yang gembur merupakan habitat yang sesuai untuk cacing tanah. Analisis ragam menunjukkan perbedaan nyata ($p < 5\%$) populasi cacing tanah pada tiap penggunaan lahan (Lampiran 7). Hasil penelitian

menunjukkan populasi cacing tertinggi ada di lahan sengon 6 tahun (67 ekor m^{-2}), diikuti lahan bero (58 ekor m^{-2}) dan lahan sengon 3 tahun (47 ekor m^{-2}). Lahan tanaman singkong memiliki populasi cacing paling sedikit yaitu (19 ekor m^{-2}). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pengolahan lahan pada lahan tanaman semusim dapat menurunkan kualitas tanah karena telah merubah kondisi tanah menjadi tidak sesuai lagi dengan kondisi lingkungan hidup bagi cacing tanah.

Organisme tanah cukup baik sebagai bioindikator tanah karena memiliki respon yang sensitif terhadap praktek pengelolaan lahan dan iklim, berkorelasi baik terhadap sifat tanah yang menguntungkan dan memiliki fungsi ekologis seperti penyimpanan air, dekomposisi dan siklus hara, netralisasi bahan beracun dan penekanan organisme patogen dan berbahaya. Organisme tanah juga dapat menggambarkan rantai sebab akibat yang menghubungkan keputusan pengelolaan lahan terhadap produktivitas akhir dan kesehatan tanaman. Jumlah cacing tanah bermanfaat untuk memonitoring sistem pertanian yang berbeda-beda, serta untuk mengevaluasi tanah terkontaminasi dan manajemen praktis seperti efek residu pestisida, pengolahan tanah, pemadatan, dan bahan organik.

Hilangnya lapisan *top soil* dan seresah (*litter layer*) sebagai sumber karbon untuk menyokong kehidupan mikroba potensial merupakan penyebab utama buruknya kondisi populasi mikroba tanah. Hal ini secara tidak langsung akan sangat mempengaruhi kehidupan tanaman yang tumbuh di permukaan tanah tersebut. Keberadaan mikroba tanah potensial dapat memainkan peranan sangat penting bagi perkembangan dan kelangsungan hidup tanaman. Aktifitasnya tidak saja terbatas pada penyediaan unsur hara, tetapi juga aktif dalam dekomposisi seresah dan bahkan dapat memperbaiki struktur tanah. Mikroba tanah yang memberikan banyak manfaat salah satunya adalah cendawan mikoriza. Beberapa tanaman juga sangat tergantung untuk kehidupannya pada jenis cendawan ini (Vogel, 1987). Kemampuan cendawan mikoriza tidak hanya terbatas pada peningkatan solubilitas mineral dan memperbaiki absorpsi nutrisi tanaman (terutama fosfat), tetapi juga dapat mengurangi stres karena temperatur dan serangan patogen akar. Dengan cara tersebut maka daya hidup dan pertumbuhan tanaman pada lahan marginal dapat ditingkatkan.

Penggunaan cendawan mikoriza terhadap tanaman sengon terbukti potensial untuk mereklamasi lahan yang kesuburannya rendah. Bradley *et al.* (1982) menyatakan bahwa dalam semua kasus pertumbuhan tanaman bermikoriza lebih dominan daripada tanaman non-mikoriza. Hal ini disebabkan adanya pembatasan translokasi logam dari akar ke tajuk dengan mengakumulasinya di dalam akar. Proteksi ini dihasilkan oleh adsorpsi ion-ion oleh dinding sel hifa pada akar. Tanaman bermikoriza akan berkurang toleransinya apabila biomassa hifa internal rendah. Tingkat perkembangan hifa internal dan eksternal merupakan faktor penting dalam stimulasi pertumbuhan inang.

Pada tanaman yang bermikoriza, respon tanaman yang mengalami cekaman kekeringan cenderung lebih dapat bertahan dari kerusakan korteks dibanding tanaman tanpa mikoriza. Menurut Setiadi (1989), gangguan terhadap perakaran akibat cekaman kekeringan ini pengaruhnya tidak akan permanen pada akar-akar yang bermikoriza. Akar yang bermikoriza akan cepat kembali pulih setelah periode kekeringan berlalu. Peranan langsung mikoriza adalah membantu akar dalam meningkatkan penyerapan air. Ini dikarenakan hifa cendawan masih mampu menyerap air dari pori-pori tanah pada saat akar tanaman sudah mengalami kesulitan mengabsorpsi air (Setiadi, 1989). Kemampuan menyerap air dari pori-pori tanah ini dikarenakan hifa utama cendawan mikoriza di luar akar membentuk percabangan hifa yang lebih kecil dan lebih halus dari rambut akar dengan diameter kira-kira 2 μm . Tahannya tanaman yang bermikoriza terhadap kondisi kekurangan air disebabkan karena hifa eksternalnya yang dapat meningkatkan total daerah perakaran dari sistem perakaran tanaman dan meningkatkan volume tanah yang dieksploitasi oleh air, ini menyebabkan lebih banyak air yang tersedia bagi tanaman inang, yang akan lebih memacu pertumbuhan tanaman melalui pembelahan, pembesaran, pemanjangan dan pengisian sel oleh hasil metabolisme.

Kepadatan spora mikoriza yang diperoleh pada lahan sengon usia 6 tahun dan 3 tahun menunjukkan tingginya kehidupan mikroba dalam tanah. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kepadatan spora mikoriza dan persen infeksi mikoriza pada setiap penggunaan lahan memiliki perbedaan nyata ($p < 5\%$)

(Lampiran 7). Kepadatan spora mikoriza tertinggi pada lahan sengan usia 6 tahun (394 spora/100 g tanah), diikuti lahan bero (370 spora/100 g tanah), kemudian lahan sengan usia 3 tahun (232 spora/100 g tanah), dan yang terendah adalah lahan singkong (30 spora/100 g tanah). Perkembangan spora mikoriza akan diikuti dengan fase infeksi ke dalam akar. Berdasarkan hasil analisis, persentase infeksi mikoriza yang tertinggi terdapat pada lahan sengan usia 6 tahun (59 %), diikuti lahan bero (57 %), kemudian lahan sengan usia 3 tahun (44 %), dan yang paling rendah adalah lahan singkong (16 %). Pada lahan sengan kondisi tanah jauh lebih subur dibandingkan lahan singkong sehingga pertumbuhan mikoriza lebih optimal. Spora mikoriza keberadaannya rata-rata 90 % dalam semua jenis tanah, namun untuk dapat berkembang dengan optimal dibutuhkan kondisi lingkungan yang mendukung.

Status kesuburan tanah dapat berubah sesuai dengan sistem penggunaan lahannya. Pada lahan sengan baik usia 3 tahun maupun 6 tahun tingkat kesuburannya tergolong tinggi dibandingkan lahan tanaman semusim (singkong). Pertumbuhan tanaman sengan terbukti dapat menunjang kesuburan tanah dibandingkan pertumbuhan tanaman semusim (singkong). Kadar C-organik, kelimpahan populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persen infeksi mikoriza yang dijadikan parameter dalam penelitian ini mampu menunjukkan status kesuburan tanah pada masing-masing lahan. Parameter-parameter tersebut saling menunjang dan berhubungan erat dalam berlangsungnya proses biologi tanah untuk menghasilkan kesuburan tanah yang tinggi pada lahan yang diteliti di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

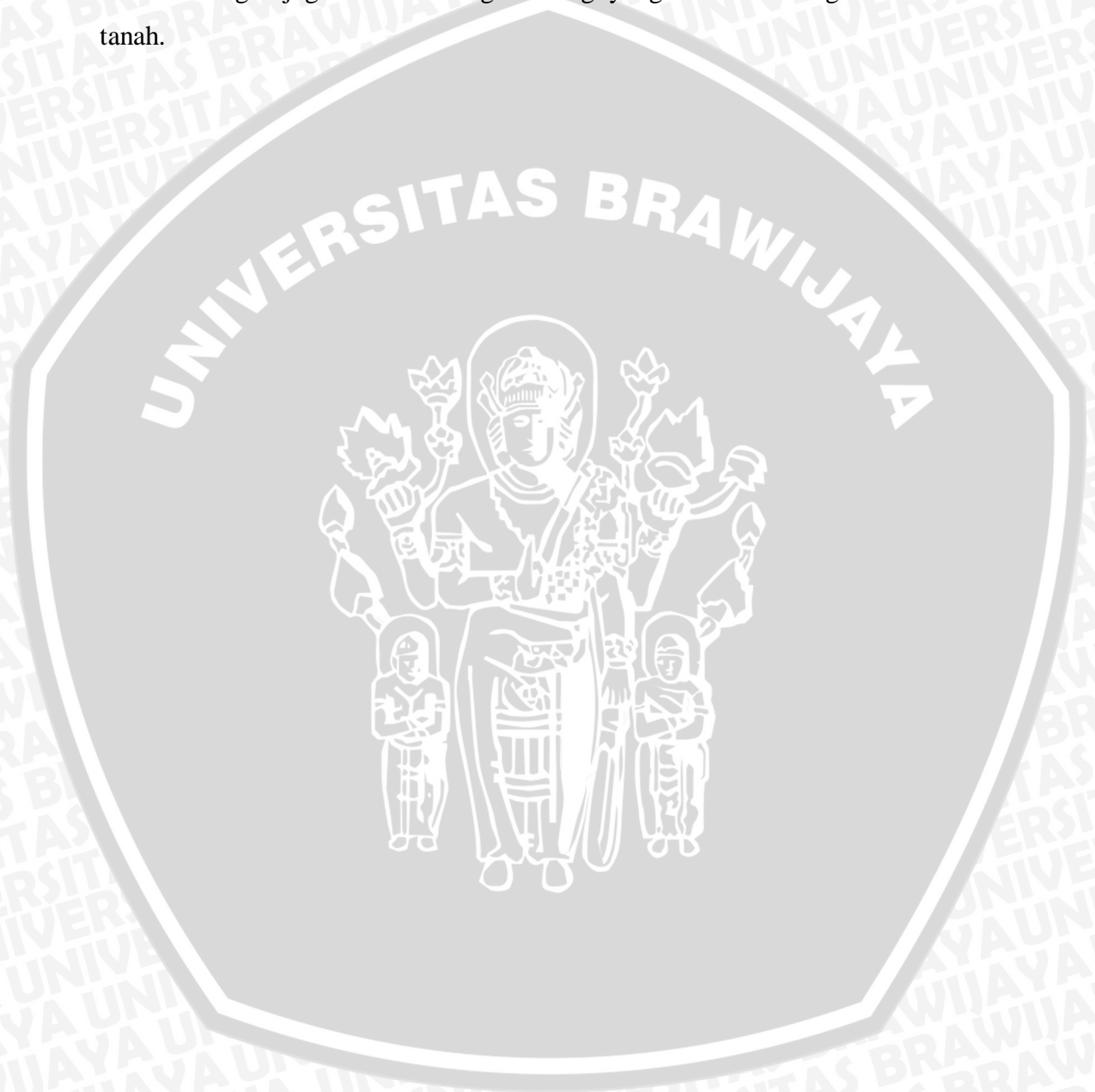
5.1 Kesimpulan

Perbedaan penggunaan lahan pada penelitian ini dapat mempengaruhi sifat-sifat biologi tanah yang diamati. Kadar C-organik tertinggi didapatkan di lahan sengon 6 tahun (2,02 %), populasi cacing tanah tertinggi diperoleh di lahan sengon 6 tahun (67 ekor/m²). Kepadatan spora mikoriza tertinggi diperoleh di lahan sengon 6 tahun (394 spora/100 g tanah) dengan jenis spora yang ditemukan yaitu *Glomus Sp.*, *Gigaspora Sp.*, dan *Scutellospora Sp.*. Persentase infeksi mikoriza tertinggi ditemukan pada akar sengon 6 tahun (59%). Secara keseluruhan kadar C-organik tanah, populasi cacing tanah, kepadatan spora mikoriza, dan persentase infeksi mikoriza pada lahan sengon 6 tahun memiliki nilai yang paling tinggi. Penggunaan lahan sengon memberi dampak positif terhadap sifat-sifat biologi tanah yang lebih tinggi dibandingkan lahan selain sengon (lahan bero dan lahan singkong). Tanaman sengon dapat memperbaiki kesuburan tanah melalui fungsi alaminya dalam meningkatkan sifat-sifat biologi tanah, karena sengon memberikan masukan seresah serta menjadi naungan bagi mikrofauna dan makrofauna tanah (dalam hal ini cacing tanah dan mikoriza). Parameter-parameter tersebut saling menunjang dalam berlangsungnya proses biologi tanah untuk menghasilkan kesuburan tanah.

5.2 Saran

1. Penggunaan lahan yang berbeda dapat mempengaruhi jenis spesies cacing tanah dan spora mikoriza. Oleh karena itu perlu dilakukan identifikasi secara lebih detil pada cacing tanah sehingga dapat diketahui lebih jelas spesies yang ditemukan di lahan penelitian.
2. Ketinggian tempat merupakan salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi kepadatan spora mikoriza. Oleh karena itu perlu dikaji lebih dalam mengenai hubungan parameter ketinggian tempat dengan kepadatan spora mikoriza pada lahan yang diteliti.

3. Penanaman sengon dengan sistem 'tebang pilih tanam' dapat menjadi salah satu rekomendasi dalam usaha perbaikan lahan di Desa Slamparejo, Kecamatan Jabung, Kabupaten Malang, karena selain nilai ekonominya tinggi tanaman sengon juga memiliki fungsi ekologi yang bermanfaat bagi kesuburan tanah.



DAFTAR PUSTAKA

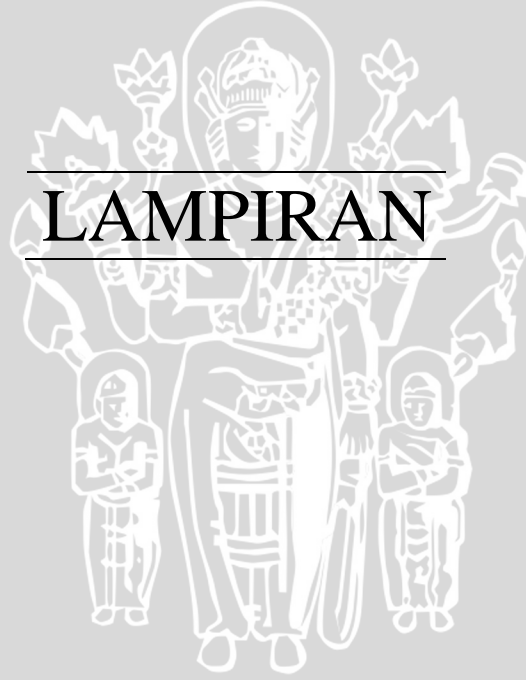
- Adirossi. 2010. Bagaimana Cacing Tanah Bisa Menyuburkan Tanah. <http://www.adipedia.com/bagaimana-cacing-tanah-bisa-menyuburkan-tanah/>. Diakses pada tanggal 10 Mei 2010.
- Anas, I. 1997. Bioteknologi Tanah. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB.
- Auge, R.M. 2000. Water Relations, Drought And Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza* : 3-42.
- Bradley, R., A.J. Burt dan D.J. Read. 1982. The biology of micorrhiza in the Ericaceae. VIII. The role of mycorrhizal infection in heavy metal resistance. *New Phytol.* 91 : 197-209.
- Brundett, M.N., Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malayczuk. 1996. Working With Mycorrhizas In Forestry And Agriculture. ACIAR Monograph 32. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm cast influenced by different mulch types. *Eur.J.Soil.Biol* 55:23-30.
- Budelman, A. 2000. Paraserianthes falcataria-Southeast Asia's Growth Champion. NFT Highlights (www.winrock.org). Arkansas. Diakses pada tanggal 29 Desember 2009.
- Coyne, M.C. 1999. Soil Microbiologi an Exploratory Approach. Delmar Publisher, ITP.
- Delvian. 2004. Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula Dalam Reklamasi Lahan Kritis Pasca Tambang. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Donnelly, P. K. and Fletcher, J. S. 1994. Potential Use of Mycorrhizal Fungi as Bioremediation Agents. American Chemical Society. USA. 94-97.
- Edwards, C.A. 1998. Earthworm Ecology. St. Lucie Press. Washington, DC. 389.
- Edwards, C.A. 1998. Earthworm Ecology. St. Lucie Press. Washington, DC. 389.
- FAO, 1984. Atlas Renaissance scale 1 : 250.000. Food Of Agriculture Organization. Roma.

- Foth, H. D., 1998. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Gadjah Mada University Press : Yogyakarta.
- Fragoso, C.; Brown, G.G.; Patron, J. C.; Blanchart, E.; Lavelle, P.; Pashanasi, B.; Senapati, B. and T. Kumar. 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. *Applied Soil Ecology* 6: 17-35.
- Hairiah K., dan Fitri K. Aini. 2007. Praktikum Biologi Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Hairiah, K.; Widiyanto; Utami, S.R.; Suprayogo, D.; Sitompul, S.M.; Sunaryo; Lusiana, B.; Mulia, R.; Van Noordwijk, M. dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ISBN. 979-95537 7-6. ICRAFBogor. 187 p.
- Hakim. N., M.Y. Nyapka, A.M Lubis, S.G Nugroho, M.R Saul, M.A Dina, G.B Hong, H.H Baile., 1986, Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Penerbit Universitas Lampung : Lampung.
- Hardjowigeno, S. 1992. Ilmu Tanah. Penerbit Akademika Pressindo : Jakarta.
- Iskandar, Dudi. 2001. Pupuk Hayati Mikoriza Untuk Petumbuhan dan Adaptasi.
- Islami, T. dan W.H. Utomo. 1995. Hubungan Tanah, Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press. Semarang.
- Kartini, N.L. 2008. Cacing Tanah, Indikator Kesuburan Tanah. Universitas Udayana Bali.
- Lavelle, P., 1994. Soil Fauna and Sustainable Land Use in the Humid Tropics. In D.I. Greenland and I. Szabolcs. Soil Resiliense and Sustainable Land use. CAB International. Oxon.
- Maftu'ah, E., 2001. Studi Potensi Diversitas Makrofauna Tanah Sebagai Bioindikator Kualitas Tanah Berkapur pada Beberapa Penggunaan Lahan. Tesis. Pasca Sarjana Program Studi Pengelolaan Tanah dan Air. Universitas Brawijaya. Malang.
- Magdoff, F. 2002. Concept, componen and strategies of soil health in agroecosystems. *Journal of Nematology* 33(4): 169-172.
- Munir, Moch. 1996. Tanah-Tanah Utama Indonesia. Pustaka Jaya: Malang.
- Musnawar, E.I. 2006. Pupuk Organik. Penebar Swadaya, Jakarta.

- Pairunan, Anna, K., Nanere, J, L., Arifin., Solo, S, R. Samosir, Romoaldus Tangkaisari, J. R Lalapia Mace, Bachrul Ibrahim., Hariadji Asnadi., 1985. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Perguruan Tinggi Negeri Indonesia Timur : Makassar.
- Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment* 74:137-155.
- Poerwowidodo. 1991. Genesa Tanah. CV Rajawali: Jakarta.
- Prosea, 1994., Plant Resources of South-East Asia No. 5(1). Timber trees: major commercial timbers. Bogor, Hal. 319 - 325.
- Rahardjo, Pudjo., Kusumo, D.T., Wibowo, Zuhdi Sri., Rusmana, Nyanjang., Rachmiati, Yati., Salim, Arkat Agus., Dachman. 2001. Peranan Beberapa Macam Sumber dan Dosis Bahan Organik Terhadap Ketersediaan Air Bagi Tanaman Teh pada Tanah Latosol. Dalam Prosiding Seminar Budidaya Teh Organik. Gambung: Pusat Penelitian Teh dan Kina.
- Richards, B. N. 1987. *The Microbiology of Terrestrial Ecosystem*. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Rukmana, R. 1999. *Budidaya Cacing Tanah*. Kanisius. Yogyakarta.
- Saifuddin, S. 1988. *Kimia Fisika Pertanian*. CV. Buana: Bandung.
- Satyadhaja, D. 1994. Pengaruh pH Tanah dan Suhu Terhadap Produksi Kokon Cacung Tanah *Pontoscolex corethrurus* (Fr. Mull). Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati. Bandung.
- Setiadi, Y. 1989. Pemanfaatan Mikoriza dalam Kehutanan. PAU. Bogor 103 p.
- Setiadi, Y. 1996. Mengenal cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dan prospek aplikasinya sebagai pupuk biologis untuk meningkatkan pertumbuhan dan kualitas semai tanaman kehutanan. Dalam Lokakarya Sistem Produksi Bibit Secara Massal. Bogor.
- Setiadi, Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia. Disampaikan dalam Rangka Seminar Penggunaan Cendawan Mikoriza dalam Sistem Pertanian Organik dan Rehabilitasi Lahan Kritis. Bandung 23 April 2001.
- Simandjuntak, A. K., dan Waluyo, D. 1982. *Cacing Tanah Budidaya dan Pemanfaatannya*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Soil Survey Staff. 1975. Soil Taxonomy USDA. Agr. Handbook No. 436. US Govt/Printing Office. Washington, D.C.
- Subiksa, I.G.M. 2002. Pemanfaatan Mikoriza Untuk Penanggulangan Lahan Kritis. http://rudycr.tripod.com/sem2_012/igm_subiksa.htm. Diakses pada tanggal 6 Juli 2009.
- Sudaryono. 1988. The physical condition-soils, erosion problems in the South Malang limestone area. *Penelitian Palawija* 3(1):55-60. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang.
- Sudaryono. 1995. Teknik pemupukan P pada budidaya jagung di tanah kapur tipe iklim C. Laporan Penelitian. Balai Penelitian Tanaman Kacangkacangan dan Umbi-umbian, Malang.
- Suhardi, 1989. Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA). UGM Press, Yogyakarta.
- Suin, N.M. 1989. Ekologi Hewan Tanah. Bumi Aksara. Bandung.
- Tan, K.H. 1998. Principles of soil chemistry. Marcel Dekker, New York.
- Tan, K.H. 2000. Environmental soil science. Marcel Dekker, New York.
- Tisdale, S.L, W.L. Nelso,n and J. D. Beaton. 1985. Soil fertility and fertilizers. New York.
- Vogel, W.G. 1987. A manual for training reclamation inspector in the fundamentals of soil and revegetation. U.S. Department of Agriculture. Kentucky.
- Wijanarko, Sudaryono, Sutarno. 2004. Karakteristik Tanah Alfisol di Jawa Timur dan Jawa Tengah. *Iptek Tanaman Pangan* Vol. 2 No. 2 – 2007.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



LAMPIRAN

Lampiran 1. Alur Pikir Penelitian



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

Keterangan :

- : Fakta
- : Tujuan
- : Aspek kesuburan tanah
- : Parameter penelitian
- : Plot penelitian

Lampiran 2. Metode Penelitian

Lampiran 2.1. Metode *Walkey and Black*

Pada penelitian ini digunakan metode *Walkey and Black* untuk mengukur kadar C-organik tanah.

Alat dan Bahan :

1. Tanah lolos ayakan 0,5 mm
2. Elenmeyer 500 ml
3. Gelas ukur 20 ml dan 10 ml
4. Larutan FeSO_4 1 N
5. Larutan H_2SO_4 , H_3PO_4 , indikator
6. Timbangan analitik
7. Ayakan diameter 0,5 mm
8. Larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$
9. Pipet 10 ml

Cara Kerja :

1. Tanah lolos ayakan 0,5 mm ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dimasukkan ke dalam labu elenmeyer.
2. 10 ml tepat larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ditambahkan ke dalam elenmeyer dengan pipet.
3. 20 ml H_2SO_4 pekat ditambahkan, labu elenmeyer digoyang-goyangkan agar tanah dapat bereaksi sepenuhnya. Biarkan selama 15 menit.
4. Sebuah blanko tanpa tanah juga dikerjakan dengan cara yang sama.
5. Larutan diencerkan dengan aquades 200 ml dan sesudah itu ditambahkan H_3PO_4 10 ml dan ditetesi indikator 30 tetes.
6. Larutan dititrasi dengan larutan fero melalui buret. Perubahan warna yang semula hijau gelap menjadi biru kotor pada waktu titrasi berlangsung dan pada titik akhir warna berubah menjadi hijau terang.

Lampiran 2.2. Metode *Hand Sorting*

Alat dan bahan :

1. Cetok
2. Nampan
3. Pinset serangga
4. Bingkai kuadrat besi (20 x 20 x 10 cm)
5. Alat Tulis
6. Kertas label
7. Botol film
8. Formalin 4%
9. Ethanol (etanol) 70 %
10. Air bersih

Pemilahan contoh cacing tanah :

Pemilahan contoh fauna tanah dilakukan di lapangan dengan cara berikut :

1. Lapisan tanah dimasukkan ke dalam nampan.
2. Setiap cacing yang ditemukan diambil secara manual (*hand sorting*).
3. Cacing tanah terlebih dahulu dimasukkan ke dalam nampan yang sudah diisi air. Tujuan perlakuan ini adalah untuk menghilangkan tanah yang menempel pada tubuhnya.
4. Cacing dimasukkan dalam nampan kedua yang berisi etanol 70% untuk relaksasi.
5. Cacing dimasukkan dalam formalin 4% selama beberapa detik hingga tubuhnya kaku.
6. Cacing tanah siap dimasukkan dalam botol film yang berisi ethanol 70% dan sudah diberi label.



Pengambilan contoh cacing tanah menggunakan bingkai besi ukuran 20x20x10 cm

Gambar 2. Cara Pengambilan Contoh Cacing Tanah di Lapang

Lampiran 2.3. Metode Pengamatan Spora Mikoriza (*Wet Sieving*)

Alat dan Bahan :

1. Pisau
2. Kantong Plastik
3. Blender tanah
4. Saringan bersusun (diameter kisi 2 mm, 500 μm , 45 μm)
5. Tabung silinder
6. Botol penyemprot
7. Cawan petri
8. Contoh Tanah
9. Aquadest
10. Air gula konsentrasi 60%
11. Mikroskop
12. Pengaduk

Cara kerja (Gambar 3):

1. Ambil contoh tanah pada rizosfer (daerah perakaran) tanaman dan timbang sebanyak 50 g.
2. Masukkan contoh tanah dalam gelas blender.
3. Campur tanah dengan 400 ml aquadest untuk membuat suspensi.
4. Blender tanah selama 2 menit.
5. Tuang suspensi tanah tersebut ke dalam saringan bersusun (ukuran lubang 2 mm, 500 μm , 45 μm).
6. Bagian tanah yang tertinggal pada saringan paling atas hanya kerikil, pasir dan partikel-partikel organik besar. Ambil saringan terbawah. Bilas dengan air kran hingga yang keluar dari saringan adalah air yang jernih. Endapan tanah halus yang masih tertinggal dalam saringan 45 μm dimasukkan dalam gelas beker sambil dibilas dengan aquades hingga mencapai 200 ml, aduk dengan pengaduk kaca.
7. Tuang secara merata pada 12 tabung reaksi untuk sentrifusi.
8. Tambahkan larutan gula 60% sebanyak 10 ml.
9. *Sentrifuge* contoh tersebut selama 2 menit dengan kecepatan 2700 rpm.
10. Angkat tabung reaksi dari alat sentrifusi.
11. Ambil bagian teratas (bening) yang merupakan kumpulan spora MA dengan menggunakan pipet isap, saring.
12. Simpan dalam botol film untuk penyimpanan (jika tidak langsung diamati).

13. Letakkan dalam cawan petri, tambahkan sedikit aquadest.

14. Amati spora mikoriza menggunakan mikroskop.



Gambar 3. Cara Kerja Ekstrak Spora Mikoriza Dengan Metode *Wet Sieving*

Lampiran 2.4. Metode Pewarnaan & Perhitungan Persentase Infeksi Mikoriza

Sebelum melakukan perhitungan infeksi mikoriza pada akar maka perlu dilakukan pengumpulan sampel akar dengan cara sebagai berikut :

1. Tetapkan pohon yang akan diambil akarnya.

2. Bersihkan tumbuhan bawah yang tumbuh di sekitar pangkal batang pohon yang akan diambil akarnya.
3. Setelah menemukan akar yang dibutuhkan, potong akar tersebut dengan menggunakan gunting atau *cutter*.
4. Bersihkan tanahnya dengan hati-hati, pilih akar yang berdiameter 0,5-1,0 mm dan masukkan ke dalam plastik.
5. Tempelkan kertas label pada plastik, sebutkan nama kolektor, tanggal pengambilan, dan jenis pohon.

Alat dan Bahan :

1. mikroskop
2. beaker glass
3. cawan petri
4. contoh akar
5. KOH 10% dan HCl 2%
6. Trypan blue 0.05% dalam laktofenol

Cara kerja :

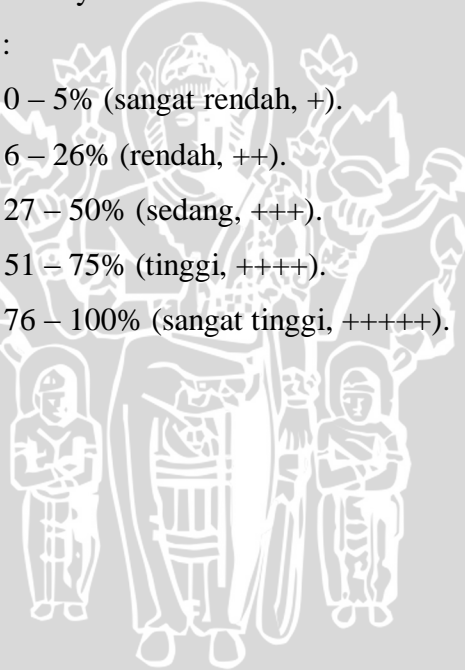
1. Cuci contoh akar tanaman sampai bersih untuk melepaskan semua kotoran dan miselium luar.
2. Rendam dalam KOH 10% pada suhu 90°C selama 1-2 jam.
3. Bilas contoh tersebut dengan air sebanyak 4 kali, untuk menghilangkan kelebihan KOH yang menempel.
4. Masukkan ke dalam HCl 2% selama 2 menit.
5. Tuangkan asam (pisahkan dari akar) dan tambahkan zat pewarna (0.05 % trypan blue dalam laktofenol).
6. Rebus akar dalam zat pewarna tersebut selama 3 menit.
7. Tuangkan (pisahkan) kembali pewarna dan laktofenol, biarkan semalam.
8. Periksa melalui mikroskop dengan meletakkan akar yang telah diberi warna ke dalam gelas preparat. Bulatan-bulatan berwarna gelap (biru jika digunakan trypan blue dan merah jika digunakan acid fuchsin) adalah vesikel yang saling bersambungan satu sama lain, atau miselium-miselium yang beda warnanya dari sel-sel akar atau arbuskular.

Penghitungan akar yang terinfeksi mikoriza dilakukan dengan pengambilan secara acak potongan-potongan akar yang telah diwarnai sepanjang 1 cm. Potongan-potongan akar tersebut disusun dalam kaca objek. Satu kaca objek untuk 10 potong akar. Dihitung jumlah akar yang terinfeksi mikoriza dari 10 potongan akar tersebut dan diulangi hingga 3 kaca objek. Persentase akar yang terinfeksi dihitung berdasarkan rumus :

$$\text{Persentase Infeksi} = \frac{\text{Jumlah akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh akar yang diamati}} \times 100\%$$

Penggolongan tingkat infeksi akar adalah berdasarkan klasifikasi yang dibuat oleh The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA dalam Setiadi (1989), yaitu :

- Kelas 1, bila infeksinya 0 – 5% (sangat rendah, +).
- Kelas 2, bila infeksinya 6 – 26% (rendah, ++).
- Kelas 3, bila infeksinya 27 – 50% (sedang, +++).
- Kelas 4, bila infeksinya 51 – 75% (tinggi, ++++).
- Kelas 5, bila infeksinya 76 – 100% (sangat tinggi, +++++).



Lampiran 3. Foto Kondisi Lahan



Gambar 4. Lahan Sengon 3 Tahun



Gambar 5. Lahan Sengon 6 Tahun

Lampiran 3. Foto Kondisi Lahan (*Lanjutan*)

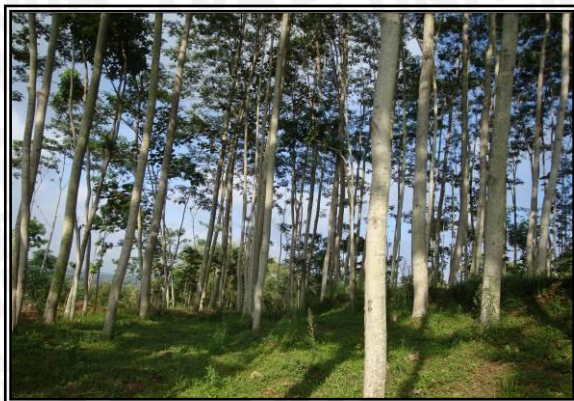


Gambar 6. Lahan Bero 10 Tahun



Gambar 7. Lahan Singkong 3 Bulan

Lampiran 4. Deskripsi Profil Tanah



Horison	Kedalaman (cm)	Deskripsi
Ap	0-23	Warna :10YR3/3 dark brown, tekstur :lempung, struktur :remah, konsistensi lembab :gembur, konsistensi basah kelekatan :agak lekat, konsistensi basah plastisitas :agak plastis, pori halus :biasa, pori sedang :biasa, pori kasar tidak ada, perakaran halus :biasa, perakaran :sedang :biasa, perakaran kasar :tidak ada, batas horison :datar
Bt1	23-50	Warna :10YR3/3 dark brown, tekstur :lempung liat berdebu, struktur :gumpal membulat, konsistensi lembab : gembur, konsistensi basah kelekatan :agak lekat, konsistensi basah plastisitas :agak plastis, pori halus :banyak, pori sedang :banyak, pori kasar :banyak, perakaran halus :sedikit, perakaran sedang :biasa, perakaran kasar :biasa, batas horison :berombak
Bt2	50-72	Warna :10YR3/4 dark yellowish brown, tekstur : lempung berliat, struktur :gumpal membulat, konsistensi lembab :teguh, konsistensi basah kelekatan :agak lekat, konsistensi basah plastisitas :agak plastis, pori halus :biasa, pori sedang :biasa, pori kasar :biasa, perakaran halus :tidak ada, perakaran sedang :biasa, perakaran kasar :biasa, batas horison :rata
Bt3	72-100	Warna :10YR3/4 dark yellowish brown, tekstur :lempung berliat, struktur :gumpal bersudut, konsistensi lembab :tegug, konsistensi basah kelekatan :lekat, konsistensi basah plastisitas :plastis, pori halus :sedikita, pori sedang :biasa, pori kasar :biasa, perakaran halus :tidak ada, perakaran sedang :tidak ada, perakaran kasar: biasa, batas horison :rata.

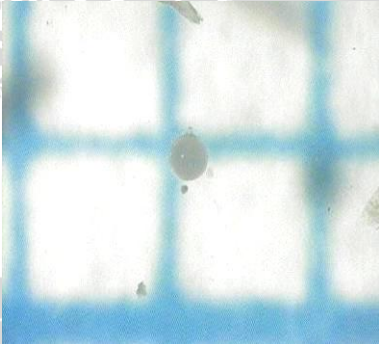


Lampiran 5. Foto Spora Mikoriza

Tabel 1. Jenis Spora Mikoriza yang Ditemukan Pada Berbagai Penggunaan Lahan



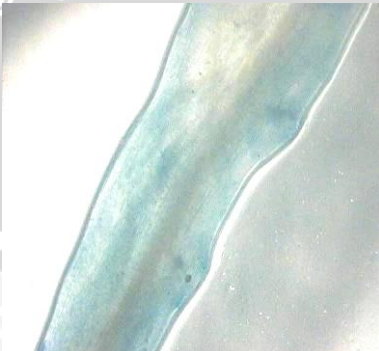
Plot	Jenis Spora	Gambar
Bero	<i>Glomus Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	
Singkong	<i>Glomus Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	
Sengon 3 tahun	<i>Glomus Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	
	<i>Gigaspora Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	

Lampiran 5. Foto Spora Mikoriza (Lanjutan)

Plot	Jenis Spora	Gambar
Sengon 6 tahun	<i>Glomus Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	
	<i>Scutellospora Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	
	<i>Gigaspora Sp.</i> (Perbesaran 40x, 1 kotak = 1 mm)	

Lampiran 6. Foto Akar Terinfeksi Mikoriza

Tabel 2. Akar yang Terinfeksi Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Plot	Gambar Perakaran	
Bero		
	<p>Akar rumput lapangan (Infeksi banyak)</p>	<p>Akar rumput lapangan (Infeksi sedikit)</p>
Singkong		
	<p>Akar singkong (Infeksi banyak)</p>	<p>Akar singkong (Infeksi sedikit)</p>
Sengon 3 tahun		
	<p>Akar sengon usia 3 tahun (Infeksi banyak)</p>	<p>Akar sengon usia 3 tahun (Infeksi sedikit)</p>

Keterangan : Perbesaran 40x

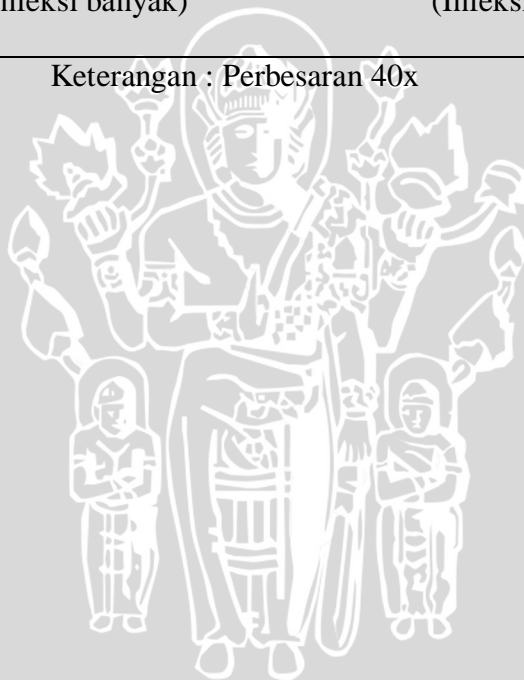
Lampiran 6. Foto Akar Terinfeksi Mikoriza (Lanjutan)

Plot	Gambar Perakaran
Sengon 6 tahun	

Akar sengon usia 6 tahun
(Infeksi banyak)

Akar sengon usia 6 tahun
(Infeksi sedikit)

Keterangan : Perbesaran 40x



Lampiran 7. Hasil Analisis Ragam Menggunakan SPSS 11.5

Lampiran 7.1.a. Hasil Analisis Ragam C-organik Tanah

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
Penggunaan Lahan	0,789	3	0,263	52,600*	0,000
Galat	0,040	8	0,005		
Total	0,829	11			

* = berbeda nyata pada taraf 5 %

Lampiran 7.1.b. Hasil Uji BNT C-organik Tanah

	Penggunaan Lahan	N	Subset for alpha = .05			Notasi
			1	2	3	
Tukey HSD ^a	Singkong	3	1,300			a
	Sengon 3th	3		1,710		b
	Bero	3		1,730		b
	Sengon 6th	3			2,020	c
	F Tabel		1,000	0,985	1,000	

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, p=5%)

Lampiran 7.2.a. Hasil Analisis Ragam Populasi Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
Penggunaan Lahan	434,250	3	144,750	12,772*	0,002
Galat	90,667	8	11,333		
Total	524,917	11			

* = berbeda nyata pada taraf 5 %

Lampiran 7.2.b. Hasil Uji BNT Populasi Cacing Tanah Pada Berbagai Penggunaan Lahan

	Penggunaan Lahan	N	Subset for alpha = .05			Notasi
			1	2	3	
Tukey HSD ^a	Singkong	3	6,333			a
	Sengon 3th	3		15,667		b
	Bero	3		19,333		b
	Sengon 6th	3			22,333	b
	F Tabel		1,000	0,149		

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, p=5%)

Lampiran 7.3.a. Analisa Ragam Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
Penggunaan Lahan	63044,667	3	21014,889	76,141*	0,000
Galat	2208,000	8	276,000		
Total	65252,667	11			

* = berbeda nyata pada taraf 5 %

Lampiran 7.3.b. Hasil Uji BNT Kepadatan Spora Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

	Penggunaan Lahan	N	Subset for alpha = .05			Notasi
			1	2	3	
Tukey HSD ^a	Singkong	3	15			a
	Sengon 3th	3		115,667		b
	Bero	3			185,333	c
	Sengon 6th	3			197,333	c
	F Tabel		1	1	0,813	

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, p=5%)

Lampiran 7.4.a. Analisa Ragam Persen Infeksi mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

Sumber Keragaman	Jumlah Kuadrat	Derajat Bebas	Kuadrat Tengah	F Hitung	F Tabel
Penggunaan Lahan	3575,930	3	1191,977	5,297*	0,026
Galat	1800,227	8	225,028		
Total	5376,157	11			

* = berbeda nyata pada taraf 5 %

Lampiran 7.4.b. Hasil Uji BNT Persen Infeksi Mikoriza Pada Berbagai Penggunaan Lahan

	Penggunaan Lahan	N	Subset for alpha = .05		Notasi
			1	2	
Tukey HSD ^a	Singkong	3	15,533		a
	Sengon 3th	3	44,467	44,467	ab
	Bero	3		56,667	b
	Sengon 6th	3		58,867	b
	F Tabel		0,163	0,657	

Keterangan : Angka bernotasi sama berarti tidak berbeda nyata (BNT, p=5%)



Lampiran 8. Matriks Korelasi Antar Variabel Pengukuran

Tabel 5. Matriks Korelasi Antar Variabel Pengukuran

	C-organik	Populasi Cacing	Spora Mikoriza	Infeksi Mikoriza	Suhu Tanah	Kadar Air Tanah	pH Tanah	Cocon	Cacing Muda	Cacing Dewasa
C-organik	1,000									
Populasi Cacing	0,870**	1,000								
Spora Mikoriza	0,871**	0,922**	1,000							
Infeksi Mikoriza	0,727**	0,709**	0,815**	1,000						
Suhu Tanah	-0,752**	-0,784**	-0,741**	-0,673*	1,000					
Kadar Air Tanah	-0,313	-0,491	-0,670*	-0,532**	0,291	1,000				
pH Tanah	0,456	0,589*	0,714**	0,552	-0,252	-0,869**	1,000			
Cocon	0,046	0,004	0,142	-0,102	-0,158	-0,421	0,354	1,000		
Cacing Muda	0,887	0,991	0,660	0,752	0,625	0,172	0,258	-0,370	1,000	
Cacing Dewasa	0,796**	0,903**	0,799**	0,732**	-0,721**	-0,295	0,327	0,237	0,299	1,000
	0,002	0,000	0,002	0,007	0,008	0,351	0,299	0,237	0,299	0,237
	0,635*	0,750**	0,742**	0,390	-0,567	-0,595*	0,756**	0,576*	0,391	1,000
	0,026	0,005	0,006	0,211	-0,055	0,041	0,004	0,050	0,208	

Keterangan :

** : signifikan pada level 1 %

* : signifikan pada level 5 %