

RINGKASAN

M Haryo Baskoro. 115040200111185. Kajian Bahan Organik Tanah dan Populasi Makrofauna Tanah pasca Alih Guna Lahan dari Monokultur Tebu menjadi Agroforestri Berbasis Sengon . Di bawah bimbingan Cahyo Prayogo SP. MP. Ph.D

Alih guna lahan dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia dan biologi tanah pada lahan, salah satunya ialah bahan organik tanah, yang merupakan indikator kuat untuk menilai produktifitas dan pengelolaan lahan. Pada lahan pertanian di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang banyak terjadi alih guna lahan dari penggunaan lahan yang awalnya monokultur tebu menjadi agroforestri berbasis sengon. Hal ini dilakukan para petani karena produktifitas tebu mulai menurun sejak tahun 2005, yang kemudian sebagian besar para petani mengganti tebu dengan sengon sebagai komoditas utama dengan penerapan sistem agroforestri. Penelitian dilakukan untuk mengetahui perubahan kandungan bahan organik tanah dan populasi makrofauna tanah. Penelitian dilakukan pada Oktober 2017-Januari 2018.

Adapun kegiatan penelitian yang dilakukan dengan tahapan pra survei, survei dan pasca survei yang dilakukan di laboratorium. Alat yang digunakan saat penelitian meliputi Kamera, timbangan, pisau, gelas perangkap, gunting dan lain-lain. Bahan penelitian menggunakan alkohol dan formalin untuk mengawetkan makrofauna tanah yang ditemukan. Metode penelitian yang digunakan yaitu metode survei dengan pengambilan sampel secara sistematis. Penelitian ini akan dilakukan plot yang telah ditentukan dengan ukuran 20 x 20 m². Data yang telah diperoleh dari kegiatan survei dianalisis dengan menghitung nilai %C-organik, BI, indeks keragaman, indeks kemerataan, indeks kesamaan populasi.

Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai rata-rata %C-organik tertinggi terdapat pada lahan sengon umur 5 tahun dengan nilai sebesar 1,47 % dengan kenaikan sebesar 28 %, begitu juga dengan total populasi makrofauna tanah tertinggi terdapat pada lahan sengon umur 5 tahun sebesar 202 spesies. Secara keseluruhan, lahan sengon umur 5 tahun merupakan lahan dengan nilai bahan organik tanah dan populasi makrofauna tanah tertinggi dari semua penggunaan lahan. Pada penelitian ditemukan makrofauna tanah yang terdiri dari 7 ordo, 8 famili, dan 699 spesies. Formicidae merupakan jenis makrofauna tanah yang paling banyak ditemukan di setiap penggunaan lahan. Nilai indeks keragaman dan kemerataan spesies tertinggi didapatkan pada lahan sengon umur 1 tahun dengan nilai 1,44 dan 0,80. Nilai indeks kesamaan pada pengamatan pertama, kedua dan ketiga didapatkan hasil dengan nilai sebesar 65,4%, 66,9% dan 64,33%.

Kata kunci: Bahan organik tanah, Alih guna lahan, Agroforestri, Keanekaragaman

SUMMARY

M Haryo Baskoro. 115040200111185. Study of Soil Organic Material and Macrofauna Population of Land after Land Use from Sugarcane Monoculture to Sengon-Based Agroforestry, Supervised by Cahyo Prayogo SP. MP. Ph.D

Land use can affect the physical, chemical and biological properties of the soil on land, one of which is soil organic matter, which is a strong indicator for assessing productivity and land management. On agricultural land in Wonokoyo village, Kedungkandang sub-district, Malang city has many land use change from land use which initially monoculture of sugar cane to agroforestry based on sengon. This is done by farmers because the productivity of sugarcane began to decline since 2005, which then most of the farmers replace sugarcane with sengon as the main commodity with the application of agroforestry system. The research was conducted to find out the change of soil organic matter content and macrofauna land population. The study was conducted in October 2017-January 2018.

The research activities conducted with pre-survey stage, survey and post-survey conducted in the laboratory. The tools used during the research include Camera, scales, knives, glass traps, scissors and others. The research material used alcohol and formalin to preserve of macrofauna found soil. The research method used is survey method with sistematic sampling. This research will be conducted plot that has been determined with the size 20 x 20 m². Data obtained from survey activities were analyzed by calculating C-organic, BI, diversity index, fairness index, population equality index.

In the research, it was found that the highest average C-organic level was found in 5-year-old sengon field with a value of 1.47% with an increase of 28%, as well as the highest total land macrofauna population in 5 year old sengon field of 202 species. Overall, the 5-year-old sengon field is the land with the highest soil organic matter and the highest land macrofauna of all land uses. In the study found macrofauna of land consisting of 7 orders, 8 families, and 699 species. Formicidae is the most common type of soil macrofauna found in any land use. The highest species diversity and evenness values were found in 1 year old sengon field with values of 1.44 and 0.80. The similarity index value on first, second and third observations was obtained with values of 65.4%, 66.9% and 64.33%.

Keywords: Soil organic matter, Land use, Agroforestry, Diversity

**KAJIAN BAHAN ORGANIK TANAH DAN POPULASI MAKROFAUNA
TANAH PASCA ALIH GUNA LAHAN DARI MONOKULTUR TEBU
MENJADI AGROFORESTRI BERBASIS SENGON**

Oleh
M HARYO BASKORO



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

MALANG

2018

**KAJIAN BAHAN ORGANIK TANAH DAN POPULASI MAKROFAUNA
TANAH PASCA ALIH GUNA LAHAN DARI MONOKULTUR TEBU
MENJADI AGROFORESTRI BERBASIS SENGON**

Oleh

M HARYO BASKORO

115040200111185

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

SKRIPSI

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN TANAH
MALANG**

2018

DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
1.	Kerangka pikir	4
2.	Sketsa lokasi penelitian	14
3.	Skema pengamatan penelitian	16
4.	Lokasi penelitian	17
5.	Monokultur Tebu	23
6.	Agroforestri berbasis Sengon	23
7.	Formicidae sp.	29
8.	Hubungan %C-organik dengan populasi makrofauna tanah	36
9.	Hubungan BI dengan populasi makrofauna tanah	38
10.	Hubungan biomassa seresah dengan populasi makrofauna tanah	39
11.	Hubungan biomassa understorey dengan populasi makrofauna tanah	40

DAFTAR ISI

I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Hipotesis Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Alur Pikir.....	3
II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Bahan Organik Tanah	5
2.2 Sistem Agroforestri	9
2.3 Monokultur Tebu	11
2.4 Makrofauna Tanah	12
III. METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2. Pelaksanaan Penelitian	15
3.3 Analisis Data	21
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian	22
4.2. Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Sifat Tanah	24
4.3 Makrofauna Tanah	28
4.4 Hubungan Populasi Makrofauna Terhadap Beberapa Sifat Tanah	36
V. KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1. Kesimpulan	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	48

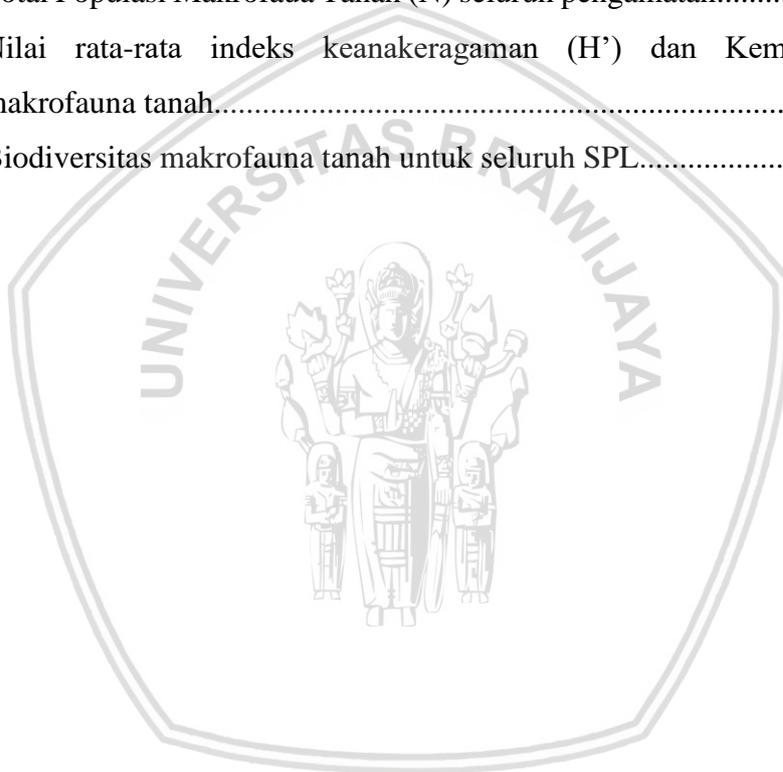


RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Medan pada tanggal 24 Agustus 1993 sebagai putra kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Susilo Nasikin dan Ibu Rosmawaty Lubis. Penulis menempuh pendidikan taman kanak-kanak di TK Taman Kencana, Parapat, Sumatera Utara selama 1 tahun dari 1998 sampai 1999, kemudian melanjutkan pendidikan dasar di SDN 03 Parapat pada tahun 1999 sampai 2005. Pada tahun 2005 sampai 2008 penulis melanjutkan studi di SMP N 2 Parapat, kemudian penulis melanjutkan studi di SMAN 1 Plus Matauli Pandan pada tahun 2008 sampai 2011. Pada tahun 2011 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi dan pada tahun 2013 penulis tercatat sebagai mahasiswa Jurusan Tanah dengan Minat Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang Melalui jalur reguler. Penulis melaksanakan kegiatan magang di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (PUSLITKOKA) Indonesia pada 21 Agustus – 21 Oktober 2014 dengan judul “Studi Pengaplikasian Pupuk Organik dan Inokulan Spora Trichoderma Spp, Untuk Meningkatkan Toleransi Kekeringan Tanaman Kakao di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Jember, Jawa Timur”.

DAFTAR TABEL

No	Teks	Halaman
1.	Proses penguraian mineral dan bahan organik.....	7
2.	Kriteria kandungan bahan organik tanah.....	8
3.	Alat dan bahan.....	15
4.	Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap beberapa sifat tanah.....	25
5.	Total Populasi Makrofauna Tanah (N) seluruh pengamatan.....	28
6.	Nilai rata-rata indeks keanakeragaman (H') dan Kemerataan (E) makrofauna tanah.....	31
7.	Biodiversitas makrofauna tanah untuk seluruh SPL.....	33



IDENTITAS TIM PENGUJI**Penguji I**

Nama : Prof.Dr.Ir.Sugeng Prijono, SU. (Ketua Majelis)

NIP : 19580214 198503 1 003

Lab : Fisika

Bidang ilmu : Hidrologi Pertanian

Penguji II

Nama : Cahyo Prayogo, SP., MP., PhD. (Dosen Pembimbing)

NIP : 19730103 199802 1 002

Lab : Biologi

Bidang ilmu : Pengelolaan Sumberdaya lahan

Penguji III

Nama : Dr.Ir.Retno Suntari, SU.

NIP : 19580503 198303 2 002

Lab : Kimia

Bidang ilmu : Kesuburan Tanah

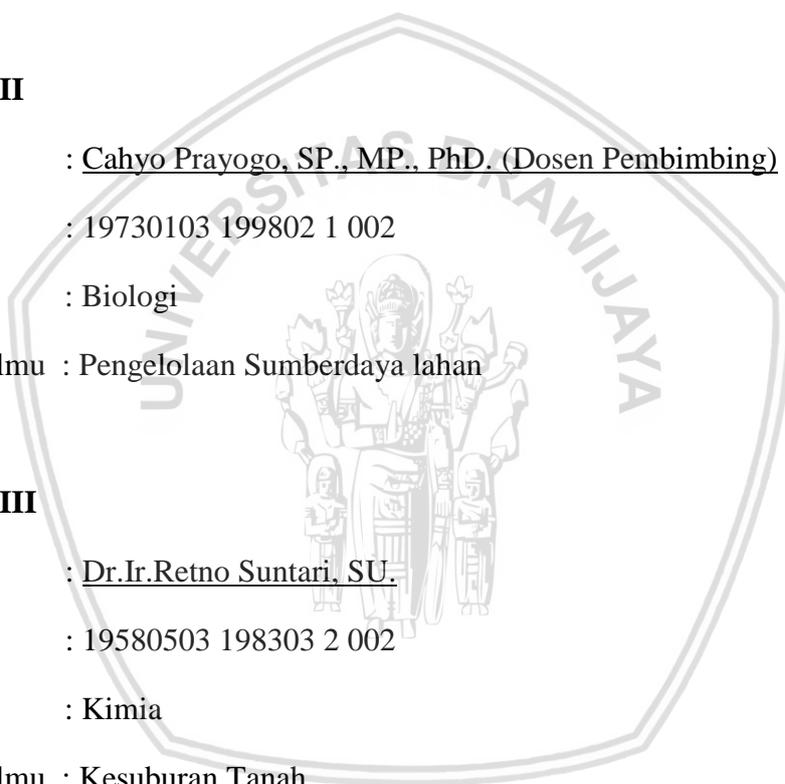
Penguji IV

Nama : Novalia Kusumarini, SP., MP.

NIP : 19891108 201504 2 001

Lab : Kimia

Bidang ilmu : Kimia Tanah



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menulis skripsi yang berjudul **“Kajian Bahan Organik Tanah dan Ppulasi Makofauna Tanah pasca Alih Guna Lahan dari Monokultur Tebu menjadi Agroforestri berbasis Sengon ”** sebagai tugas akademik yang wajib dilaksanakan oleh Mahasiswa Minat Manajemen Sumberdaya Lahan Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dalam menyelesaikan studi Program Strata Satu (S-1).

Pada kesempatan ini maka perkenankan penulis mempersembahkan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orangtua yang senantiasa memberikan motivasi serta do'a restunya selama menyelsaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU. Selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Bapak Cahyo Prayogo, SP. MP., Ph. D. Selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan masukkan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Zaini, selaku Ketua RW 02 di Kec. Kedungkandang, Malang sebagai fasilitator tempat penelitian serta semua pihak dan teman-teman Minat Manajemen Sumberdaya Lahan yang telah mendukung terselesaikannya skripsi ini.

Malang, Mei 2017

Penulis

LEMBAR PENGESAHAN

**Mengesahkan
MAJELIS PENGUJI**

Penguji I

Penguji II

Prof.Dr.Ir.Sugeng Prijono, SU.
NIP. 19580214 198503 1 003

Cahyo Prayogo, SP., MP., PhD.
NIP. 19730103 199802 1 002

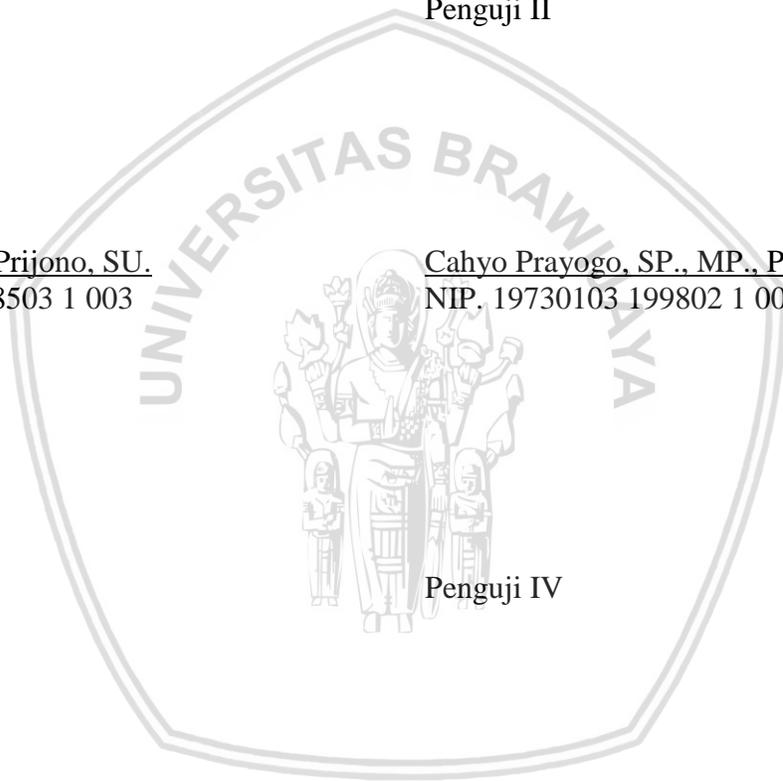
Penguji III

Penguji IV

Dr.Ir.Retno Suntari, SU.
NIP. 19580503 198303 2 002

Novalia Kusumarini, SP., MP.
NIP. 19891108 201504 2 001

Tanggal lulus : 25 Juni 2018



LEMBAR PERSETUJUAN

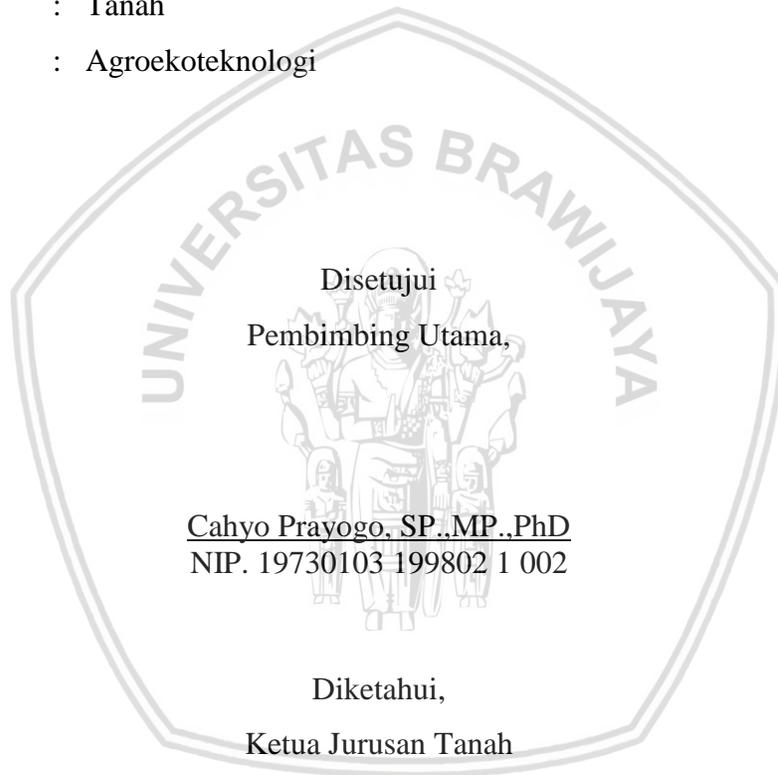
Judul Penelitian : Kajian Bahan Organik Tanah dan Populasi Makrofauna Tanah Pasca Alih Guna Lahan dari Monokultur Tebu Menjadi Agroforestri Berbasis Sengon

Nama Mahasiswa : M Haryo Baskoro

NIM : 115040200111185

Jurusan : Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi



Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU
NIP. 19540501 198103 1 006

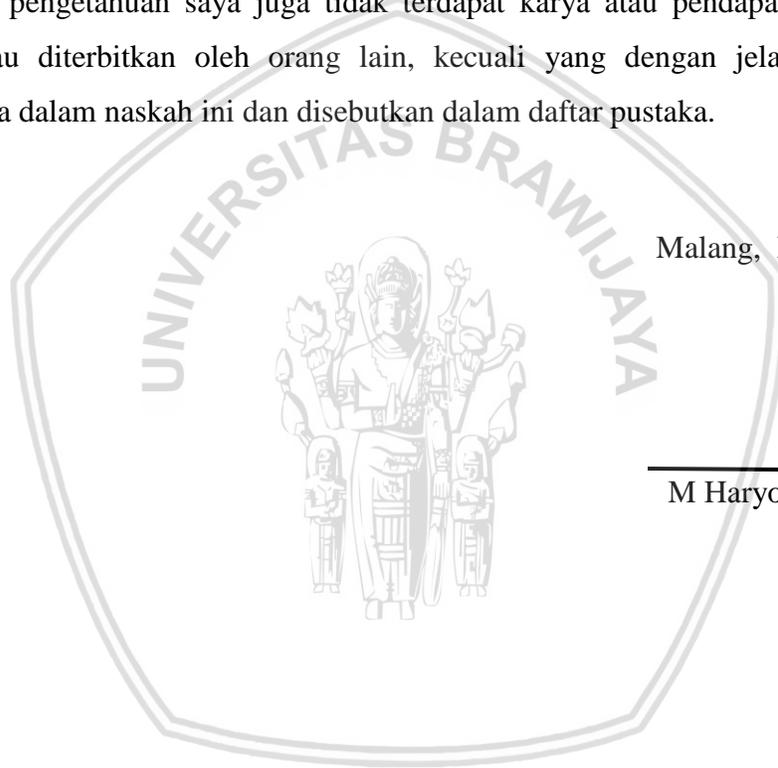
Tanggal Persetujuan : 25 Mei 2018

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi yang berjudul **“Kajian Bahan Organik Tanah dan Populasi Makrofauna Tanah Pasca Alih Guna Lahan dari Monokultur Tebu Menjadi Agroforestri Berbasis Sengon”** merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan dari pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Mei 2018

M Haryo Baskoro



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menulis skripsi yang berjudul **“Kajian Bahan Organik Tanah dan Ppulasi Makofauna Tanah pasca Alih Guna Lahan dari Monokultur Tebu menjadi Agroforestri berbasis Sengon ”** sebagai tugas akademik yang wajib dilaksanakan oleh Mahasiswa Minat Manajemen Sumberdaya Lahan Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya dalam menyelesaikan studi Program Strata Satu (S-1).

Pada kesempatan ini maka perkenankan penulis mempersembahkan ucapan terimakasih kepada:

1. Allah SWT atas kemudahan dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Kedua orangtua yang senantiasa memberikan motivasi serta do'a restunya selama menyelsaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU. Selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Bapak Cahyo Prayogo, SP. MP., Ph. D. Selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan dan masukkan dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Zaini, selaku Ketua RW 02 di Kec. Kedungkandang, Malang sebagai fasilitator tempat penelitian serta semua pihak dan teman-teman Minat Manajemen Sumberdaya Lahan yang telah mendukung terselesaikannya skripsi ini.

Malang, Mei 2017

Penulis

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Alih guna lahan dapat mempengaruhi sifat fisik, kimia, biologi tanah. Hairiah *et al.*, (2002) menyatakan bahwa alih guna lahan hutan menjadi agroforestri dan lahan semusim menurunkan jumlah masukan seresah sehingga menurunkan tingkat penutupan tanah, mengurangi jumlah makanan bagi cacing tanah, dan kandungan bahan organik tanah (BOT). Penggunaan lahan mempengaruhi besarnya kandungan C-organik, nitrogen, fosfor, kapasitas tukar kation, serta erosi tanah (Maranon *et al.*, 2002). Pernyataan tersebut sejalan dengan penelitian Yusrial *et al.*, (2004) bahwa pada lahan semusim terjadi penurunan bahan organik, permeabilitas dan porositas tanah. Pada umumnya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian baik monokultur maupun polikultur akan menurunkan kandungan BOT, diversitas biota tanah dan kualitas air. Bahan organik tanah (BOT) telah dilaporkan sebagai indikator paling kuat untuk menilai produktivitas potensi tanah di Indonesia berbagai wilayah di dunia bervariasi penggunaan lahan dan pengelolaan (Shukla *et al.*, 2006; Ajami *et al.*, 2006; Kiani *et al.*, 2003).

Penelitian terkait kandungan bahan organik tanah dan bahan organik telah ada sebelumnya di desa Slamparejo, Jabung, Malang. Penelitian tersebut dilakukan pada beberapa penggunaan lahan yaitu pada lahan tanaman semusim dan agroforestri berbasis sengon, serta lahan pasca tebang. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil masukan seresah tertinggi terdapat pada lahan agroforestri ($7,32 \text{ Mg ha}^{-1}$) dan terendah pada lahan semusim ($0,42 \text{ Mg ha}^{-1}$) serta lahan pasca tebang ($0,47 \text{ Mg ha}^{-1}$). Rata-rata nilai penambahan bahan organik adalah sebesar $4,01 \text{ Mg ha}^{-1}$ untuk sengon monokultur sedangkan untuk agroforestri sengon mencapai $6,91 \text{ Mg ha}^{-1}$. Sejalan dengan jumlah masukan bahan organik, hasil analisis kandungan bahan organik tanah menunjukkan nilai tertinggi pada lahan agroforestri sebesar 3,57%, sedangkan terendah pada lahan semusim sebesar 1,53% (Khalif *et al.*, 2014). Penelitian tersebut hanya masukan seresah dan bahan organik yang dihitung pada lahan, sedangkan dalam penelitian ini dilakukan pada kondisi tanah yang berbeda karena merupakan alih guna lahan dari monokultur tebu menjadi agroforestri berbasis sengon, serta dilakukan perhitungan populasi dan keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan.

Oleh karena itu diperlukan informasi tambahan mengenai kandungan BOT dan makrofauna tanah yang terdapat pada penggunaan lahan monokultur tebu dan sistem agroforestri berbasis sengon di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang yang merupakan salah satu desa yang sebagian besar warganya menjadi petani tebu, hampir di setiap pekarangan rumah warga ditanami tanaman tebu dengan sistem monokultur sejak tahun 1960-an. Akan tetapi pada awal tahun 2005, produksi tebu di desa tersebut menurun sehingga banyak petani tebu yang menanam sengon di sebagian lahan mereka. Hal ini dipilih karena perawatan tanaman sengon yang mudah dengan tidak perlu pengairan dan pemupukan secara berkala dan waktu panen yang cepat, yaitu sekitar 5-7 tahun. Dalam penanaman tanaman sengon kebanyakan dilakukan pada lahan-lahan yang letaknya cukup jauh dari rumah warga dimana akomodasinya lebih sulit. Sedangkan untuk tanaman tebu ditanam di pekarangan rumah warga yang akomodasinya lebih mudah pada saat panen.

Sehingga diperlukan penelitian untuk mendapatkan informasi lebih lanjut mengenai kandungan BOT dan populasi makrofauna tanah guna mengetahui perubahan penggunaan lahan pada lahan monokultur tebu menjadi agroforestri berbasis sengon dengan di desa Wonokoyo, kecamatan Kedungkandang, kota Malang dengan perlakuan pada penggunaan lahan monokultur tebu keprasan 2 kali, monokultur tebu keprasan 5 kali, sengon umur 1 tahun, 3 tahun dan 5 tahun.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian adalah :

1. Mengetahui perubahan kandungan bahan organik tanah pada penggunaan lahan monokultur tebu dan penggunaan lahan agroforestri berbasis tanaman sengon
2. Mengetahui perubahan populasi makrofauna tanah pada penggunaan lahan monokultur tebu dan penggunaan lahan agroforestri berbasis tanaman sengon

1.3 Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian adalah :

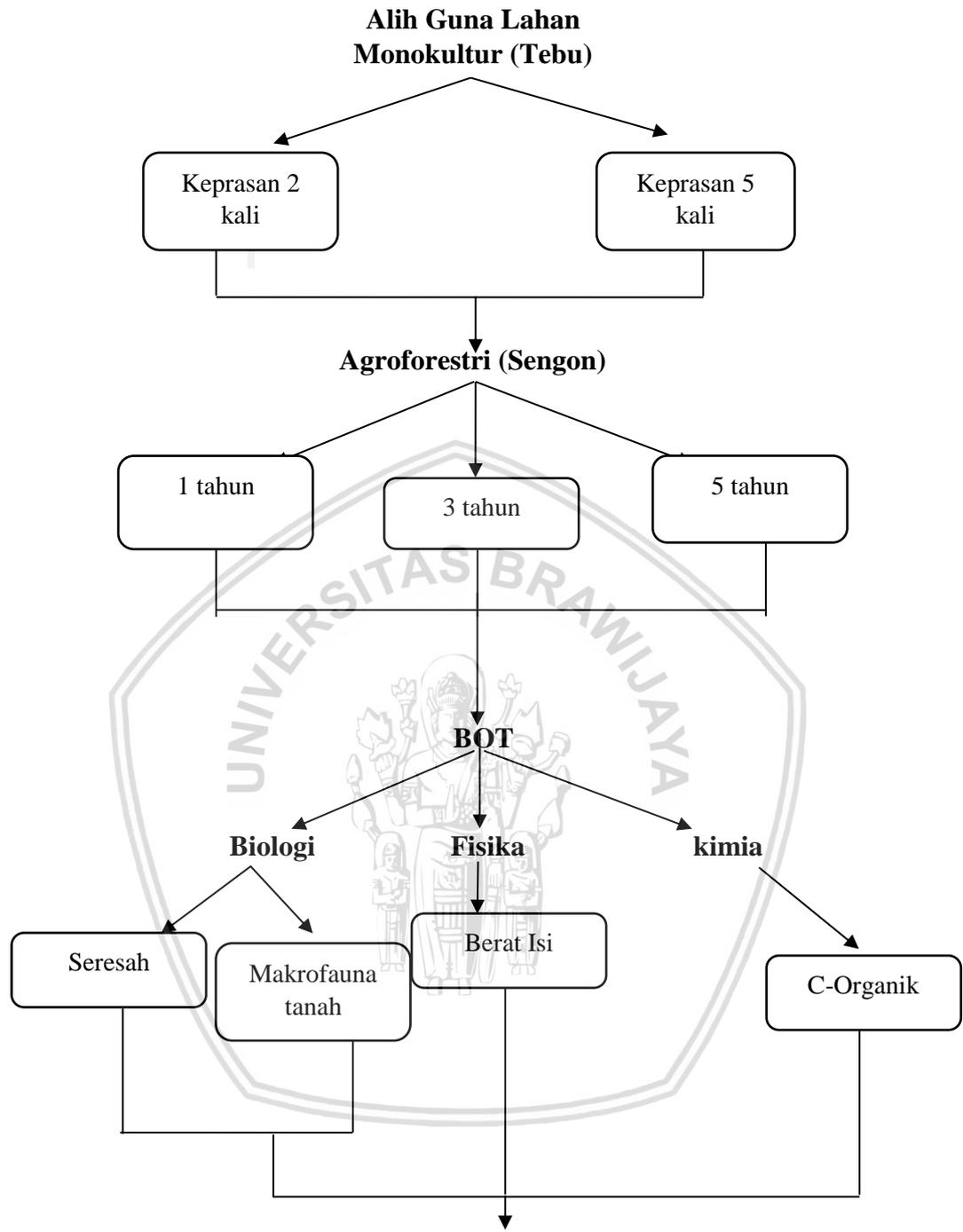
1. Penggunaan lahan agroforestri berbasis sengon memiliki kandungan bahan organik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan monokultur tebu
2. Penggunaan lahan agroforestri berbasis sengon memiliki populasi makrofauna tanah lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan lahan monokultur tebu

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah dapat memberikan informasi berupa besarnya kandungan bahan organik tanah dan populasi makrofauna tanah pada penggunaan lahan sistem agroforestri berbasis tanaman sengon dengan sistem monokultur tebu di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang.

1.5 Alur Pikir

Alur pikir dalam penelitian dimulai dari terjadinya alih guna lahan dari monokultur tebu menjadi agroforestri berbasis sengon akibat produksi tebu menurun. Alih guna lahan tersebut mengakibatkan perubahan pada sifat tanah (BOT, populasi makrofauna tanah, seresah, BI). Sehingga perlu diketahui seberapa besar perubahan sifat-sifat tanah tersebut pasca alih guna lahan. Tebu keprasan 2 kali merupakan lahan tebu (*ratoon cane*) yang bibitnya berasal dari tebu keprasan 1 kali pada lahan yang sama, sedangkan untuk lahan tebu keprasan 5 kali merupakan lahan tebu yang penanamannya berasal dari bibit tanaman tebu keprasan 4 kali pada lahan yang sama. Sedangkan untuk lahan agroforestri sengon umur 1 tahun merupakan lahan agroforestri berbasis tanaman sengon berumur 1 tahun, begitu juga dengan agroforestri sengon 3 dan 5 tahun, merupakan lahan agroforestri berbasis tanaman sengon berumur 3 dan 5 tahun. Kerangka pikir dapat dilihat pada Gambar 1 berikut :



Data perubahan kandungan BOT dan makrofauna tanah pada dua penggunaan lahan

Gambar 1. Kerangka Pikir



II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dampak Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Bahan Organik Tanah

Alih fungsi lahan dapat menyebabkan menurunnya kualitas lahan, misalnya dengan cara tebang bakar (slash and burn) hal ini dikarenakan pembakaran kayu dan ranting sisa pembukaan lahan dapat mempercepat proses pencucian dan pemiskinan tanah. Merosotnya kadar bahan organik tanah akan memperburuk sifat fisik dan kimia tanah (Barchia, 2009). Jenis penggunaan lahan yang berbeda, seperti hutan, peternakan, dan lahan pertanian, memiliki dampak yang berbeda pada kesuburan tanah dan produktivitas. Long *et al.*, (2006) melaporkan bahwa agroforestri memiliki kinerja kesuburan yang baik, diikuti oleh manajemen lahan irigasi yang terfokus, dan pengelolaan lahan pertanian ekstensif. Alih guna lahan hutan menjadi agroforestri menurunkan jumlah masukan seresah sehingga menurunkan tingkat penutupan tanah, mengurangi jumlah makanan bagi cacing tanah, dan kandungan bahan organik tanah (BOT). Pada umumnya alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian baik monokultur maupun polikultur akan menurunkan kandungan BOT, diversitas biota tanah dan kualitas air (Hairiah *et al.*, 2002). Hairiah *et al.*, (2000) menyebutkan bahwa 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.

Arifin (2010), menyebutkan bahwa pertanian pada lahan monokultur memiliki nilai kandungan bahan organik terendah pada lahan pertanian monokultur dibandingkan dengan lahan hutan sengon. Hal ini disebabkan pada lahan pertanian monokultur memperoleh bahan organik yang sedikit yang berasal dari sisa tanaman sebagai humus, apalagi lahan telah mengalami pengelolaan intensif tanpa tambahan bahan organik dan penanaman terus menerus sepanjang musim sehingga mengakibatkan tanah tersebut kehilangan bahan organik yang cepat terutama setelah penanaman dimulai. Sebaliknya, tanah hutan sengon memiliki kandungan

bahan organik yang tinggi dikarenakan pada lahan hutan belum terjadi pengelolaan secara intensif.

2.1.1 Peranan dan Pengukuran Bahan Organik Tanah

Bahan organik adalah bahan-bahan yang berasal dari limbah tumbuhan atau hewan atau produk samping, seperti pupuk kandang atau unggas, jerami padi yang dikomposkan atau residu tanaman lainnya, kotoran pada saluran air, pupuk hijau, dan potongan leguminosa serta sampah kota dan industri (Zaini *et al.*, 2004).

Hasil proses fotosintesis merupakan sumber utama bahan organik tanah (BOT), yaitu bagian atas tanaman seperti daun, duri, serta sisa tanaman lainnya termasuk rerumputan, gulma, dan limbah pascapanen (jerami, daun kentang). Penambahan bahan organik tanah (BOT) dilakukan melalui kegiatan pertanian (pupuk hijau, pupuk andang, kompos dan gambut). Bahan organik yang ditambahkan tergantung pada sifat bahan, pertanaman, aras produksi, dan situasinya (Sutanto, 2005).

Bahan organik sebaiknya diberikan dalam bentuk kompos (terdekomposisi). Pengomposan diartikan sebagai proses biologis oleh mikroorganisme yang mengurai bahan organik menjadi bahan semacam humus. Bahan yang terbentuk mempunyai berat dan volume yang lebih rendah daripada bahan dasarnya, stabil, dekomposisi lambat, dan sebagai sumber pupuk organik. Proses dekomposisi bahan organik dilaksanakan oleh berbagai kelompok mikroorganisme heterotropik, seperti bakteri, fungi, aktinomisetes, dan protozoa (Sutanto 2002). Organisme tersebut mewakili jenis flora dan fauna tanah. Selama proses dekomposisi berlangsung, terjadi perubahan secara kualitatif dan kuantitatif. Pada tahap awal proses dekomposisi, akibat perubahan lingkungan beberapa spesies flora menjadi aktif dan berkembang dalam waktu relatif singkat, kemudian menurun untuk memberikan kesempatan pada jenis lain untuk berkembang. Pada minggu kedua dan ketiga, kelompok yang berperan aktif dalam proses pengomposan adalah bakteri 106 -107 , bakteri amonifikasi (104), bakteri proteolitik (104), bakteri pektinolitik (103), dan bakteri penambat nitrogen (103). Mulai hari ketujuh, kelompok mikroba meningkat jumlahnya dan setelah hari ke-14 terjadi penurunan, kemudian meningkat kembali pada minggu keempat. Mikroorganisme yang berperan adalah selulolitik, lignolitik, dan fungi (Sutanto 2002).

Tabel 1. Proses Peruraian Bahan Mineral dan Bahan Organik (Sutanto, 2005) :

	Bahan Mineral	Bahan Organik
Bahan primer	Batuan dan Mineral	Perakaran dan batang tumbuhan
Perombakan	Pelapukan	Dekomposisi
Proses Sintesis	Neoformasi	Humifikasi
Hasil sekunder	Mineral lempung oksida hidroksida	Senyawa humik (asam fulvat, asam humat, dan humin)

Bahan organik mempunyai peranan penting sebagai sumber karbon, dalam pengertian yang lebih luas sebagai sumber pakan, dan juga sebagai sumber energi untuk mendukung kehidupan dan berkembangbiaknya berbagai jenis mikroba dalam tanah (Sisworo, 2006). Tanpa bahan organik, mikroba dalam tanah akan menghadapi keadaan defisiensi karbon sebagai pakan sehingga perkembangan populasi dan aktivitasnya terhambat. Akibatnya, proses mineralisasi hara menjadi unsur yang tersedia bagi tanaman juga terhambat. Kondisi tanah yang miskin kandungan bahan organik dan populasi mikroba sering secara populer disebut sebagai tanah lapar atau tanah “sakit”. Tanah yang mengalami defisiensi sumber energi bagi mikroba menjadi tanah berstatus lelah atau *fatigue*. Mengingat begitu pentingnya bahan organik sebagai komponen penyusun tanah, di Amerika Serikat kandungan bahan organik dalam tanah menjadi salah satu kriteria penentu kualitas tanah (Seybold *et al.*, 1997; Six *et al.*, 2002). Dengan demikian, penambahan bahan organik sangat diperlukan agar kemampuan tanah dapat dipertahankan atau bahkan ditingkatkan untuk mendukung upaya peningkatan produktivitas tanaman melalui efisiensi penggunaan pupuk buatan atau pupuk anorganik.

Kandungan bahan organik yang tinggi dalam tanah mendorong pertumbuhan mikroba secara cepat sehingga dapat memperbaiki aerasi tanah, menyediakan energi bagi kehidupan mikroba tanah, meningkatkan aktivitas jasad renik (mikroba tanah), dan meningkatkan kesehatan biologis tanah (Tisdale *et al.*, 1993; Dobermann dan Fairhurst, 2000; Zaini *et al.*, 2004).

Kandungan bahan organik tanah (BOT) biasanya diukur berdasarkan kandungan C-organik. Kandungan karbon (C) bahan organik bervariasi antara 45% - 60% (rerata 50%) dan konversi C-organik menjadi bahan organik = % C-organik x 1,724. Kandungan C termasuk perakaran dan edafon yang masih hidup sehingga

tidak rancu dengan kandungan humus. Kandungan bahan organik dipengaruhi oleh aras akumulasi bahan asli dan aras dekomposisi dan humifikasi yang sangat tergantung kondisi lingkungan (vegetasi, iklim, batuan, timbulan, praktik pertanian). Pengukuran kandungan bahan organik tanah (BOT) dapat dilakukan dengan metode Walkley & Black (pembakaran basah) ditentukan berdasarkan kandungan C-organik (Sutanto, 2005).

Tabel 2. Kriteria kandungan bahan organik tanah (Sutanto, 2005).

Kandungan Bahan Organik (%)	Kriteria
< 0,5	Rendah
0,5 – 1	Sedang – rendah
1-2	Sedang
2-4	Tinggi
4-8	Berlebihan
8-15	Sangat berlebihan
> 15	Gambut

2.1.2 Peranan Agroforestri Dalam Mempengaruhi Jumlah Bahan Organik Tanah

Bahan Organik tanah (BOT) adalah sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah terdekomposisi sebagian atau keseluruhan dan telah menyatu dengan tanah. Dalam praktek biasanya BOT dipisahkan dari bahan organik (BO) berdasarkan ukurannya, BOT memiliki ukuran < 2 mm sedang BO berukuran > 2 mm (Widianto *et al.*, 2009). Bahan organik tanah sangat penting dalam menunjang kegiatan pertumbuhan tanaman khususnya dalam ketersediaan unsur hara. Oleh karena itu sangat penting untuk memperhatikan dan mengetahui kandungan bahan organik tanah yang ada pada lahan pertanian.

Penggunaan lahan dengan sistem agroforestri dapat mempertahankan sifat-sifat fisik lapisan tanah atas sebagaimana pada sistem hutan. Sistem agroforestri mampu mempertahankan sifat-sifat fisik tanah dengan menghasilkan seresah sehingga bisa menambahkan bahan organik tanah dan meningkatkan kegiatan biologi dan perakaran tanah. Di samping itu sistem agroforestri juga dapat mempertahankan kandungan bahan organik tanah di lapisan atas melalui pelapukan seresah yang jatuh ke permukaan tanah sepanjang tahun. Pemangkasan tajuk pepohonan secara berkala yang di tambahkan ke permukaan tanah juga mempertahankan atau menambah kandungan

bahan organik tanah. Sistem agroforestri pada umumnya memiliki kanopi yang menutupi sebagian atau seluruh permukaan tanah dan sebagian akan melapuk secara bertahap. Adanya seresah yang menutupi permukaan tanah dan penutupan tajuk pepohonan menyebabkan kondisi di permukaan tanah dan lapisan tanah lebih lembab, temperatur dan intensitas cahaya lebih rendah. Kondisi iklim mikro yang sedemikian ini sangat sesuai untuk perkembangbiakan dan kegiatan organisme. Kegiatan dan perkembangan organisme ini semakin cepat karena tersedianya bahan organik sebagai sumber energi (Widianto *et al.*, 2009).

2.2 Sistem Agroforestri

Agroforestri adalah pemanfaatan lahan secara optimal dan lestari, dengan cara mengkombinasikan kegiatan kehutanan dan pertanian pada unit pengelolaan lahan yang sama dengan memperhatikan kondisi lingkungan fisik, sosial ekonomi, dan kebudayaan masyarakat yang berperan serta. Adapun tujuan agroforestri maupun sistem tumpang sari ini adalah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat desa sekitar hutan dengan cara memberikan peluang kepada masyarakat desa atau petani pesanggem untuk bercocok tanam tanaman pangan guna peningkatan pendapatan penduduk. Dengan cara demikian penduduk desa sekitar hutan diharapkan dapat berperan aktif dalam usaha penyelamatan dan pencegahan kerusakan hutan dan lahan (Perhutani, 2002).

Agroforestri dikembangkan untuk memberikan manfaat kepada manusia atau meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Agroforestri utamanya diharapkan dapat membantu mengoptimalkan hasil suatu bentuk penggunaan lahan secara berkelanjutan guna menjamin dan memperbaiki kehidupan masyarakat; dan dapat meningkatkan daya dukung ekologi manusia, khususnya di daerah pedesaan (Mayrowani dan Ashari, 2011). Agroforestri tersusun dari tiga model yang lazim diterapkan, yaitu : (1) *sylvofisheri*, yaitu empang parit yang banyak dikembangkan pada berbagai daerah pantai bermangrove di Indonesia ; (2) *sykvopasture*, merupakan perpaduan kehutanan dan peternakan ; dan (3) tumpangsari yaitu budidaya komoditas pertanian di kawasan hutan (Butar-butur, 2009).

2.2.1 Agroforestri Berbasis Sengon

Sengon yang mempunyai nama latin *Paraserianthes Falcataria* merupakan salah satu jenis yang dikembangkan dalam pembangunan Hutan Tanaman Industri maupun Hutan Rakyat di Indonesia. Di Indonesia sengon memiliki beberapa nama lokal antara lain: jeungjing (Sunda), sengon laut (Jawa), sika (Maluku), tedehu pute (Sulawesi), bae, wahogon (Irian Jaya) (Soerianegara dan Lemmens, 1993; Hidayat, 2002). Jenis ini merupakan jenis tanaman cepat tumbuh yang paling banyak dibudidayakan dengan pola agroforestry oleh masyarakat Indonesia, khususnya di Jawa. Jenis ini dipilih karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain: masa masak tebang relatif pendek (5-7 tahun), pengelolaan relatif mudah, persyaratan tempat tumbuh tidak rumit, kayunya serbaguna, membantu menyuburkan tanah dan memperbaiki kualitas lahan dan dapat memberikan kegunaan serta keuntungan yang tinggi, misalnya untuk produksi kayu pertukangan, bahan bangunan ringan di bawah atap, bahan baku pulp dan kertas, peti kemas, papan partikel dan daunnya sebagai pakan ternak (Soerianegara dan Lemmens 1993). Sengon mulai banyak dikembangkan sebagai hutan rakyat karena dapat tumbuh pada sebaran kondisi iklim yang luas, tidak menuntut persyaratan tempat tumbuh yang tinggi (Syahri, 1991). Menurut Siregar *et al.*, (2008) prospek penanaman sengon cukup baik, hal ini disebabkan oleh karena kebutuhan akan kayu sengon mencapai 500.000 m³ per tahun. Dengan adanya permintaan kayu yang tinggi ini maka permintaan benih sengon juga semakin meningkat karena berkembang luasnya penanaman jenis ini untuk hutan tanaman industri dan hutan rakyat.

Gunggung Senoaji (2012) menyatakan bahwa sistem agroforestri kebun sengon campuran ini menjamin konservasi dan pengembangbiakan jenis-jenis tertentu, meningkatkan produktivitas dan profitabilitas lahan, dan menjamin terjadinya pengelolaan lahan secara keseluruhan, serta sekaligus menyatukan sistem pengelolaan hutan dengan sistem pertanian setempat. Sistem agroforestry kebun sengon campuran memiliki arti yang penting bagi kehidupan masyarakatnya baik dari sisi ekonomi sebagai salah satu sumber pendapatan atau kapital dan dari sisi ekologi yang dapat meningkatkan kesuburan lahan dan perlindungan lingkungan.

2.3 Monokultur Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum L.*) merupakan jenis tanaman rumput-rumputan yang dibudidayakan sebagai tanaman penghasil gula. Loganadhan *et al.*, (2012) menyatakan bahwa tebu dapat menjadi salah satu tanaman yang dapat menyumbang perekonomian nasional dan sumber mata pencaharian bagi jutaan petani. Sebagai produk olahan tebu, gula merupakan komoditas penting bagi masyarakat dan perekonomian Indonesia baik sebagai kebutuhan pokok maupun sebagai bahan baku industri makanan atau minuman. Bertambahnya jumlah penduduk mengakibatkan kebutuhan gula saat ini semakin meningkat, tetapi peningkatan konsumsi gula belum dapat diimbangi oleh produksi gula dalam negeri.

Monokultur tebu sangat menguntungkan bagi petani dan industri gula, karena mengurangi biaya produksi sebesar 30-40%. Tapi produktivitas tebu di bawah multiratooning menurun sebesar 30-50% setiap tahun disebabkan oleh penurunan kualitas tanah baik fisik maupun kimiawi (kandungan nutrisi) (Ghayal *et al.*, 2011). Industri gula di Australia mengalami penurunan hasil produksi yang mereka definisikan sebagai hilangnya kapasitas produktif tanah dalam membantu pertumbuhan tebu dalam jangka panjang penerapan sistem monokultur. Penurunan hasil merupakan masalah yang telah menjangkiti sistem produksi tebu di seluruh dunia selama lebih dari setengah abad. Penurunan hasil produksi telah jelas terkait dengan degradasi tanah disebabkan oleh monokultur tanaman tebu jangka panjang, yaitu terjadi pengurasan unsur hara dari dalam tanah (Garside *et al.*, 1997). Degradasi tanah telah menjadi hasil dari monokultur jangka panjang tebu. Hal tersebut telah dibuktikan dalam sebuah penelitian khusus yang menunjukkan bahwa monokultur jangka panjang, lalu lintas yang tidak terkontrol dari mesin-mesin berat dan pengolahan berlebihan bersama dengan praktek-praktek yang menguras bahan organik semua berkontribusi untuk menghasilkan penurunan pada kualitas tanah (Garside *et al.*, 1997). Masalah ini terjadi pada industri gula di Indonesia yang mengalami penurunan tingkat produktivitas. Luas areal tebu di lahan sawah beririgasi di Jawa semakin berkurang. Kini areal tebu di lahan sawah tinggal sekitar 40%, selebihnya telah beralih ke lahan kering.

2.4 Makrofauna Tanah

Keberadaan fauna tanah sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, salah satunya adalah adanya bahan organik dalam tanah (Putra, 2012). Keberadaan fauna dapat dijadikan parameter dari kualitas tanah, fauna tanah yang digunakan sebagai bioindikator kesuburan tanah tentunya memiliki jumlah yang relatif melimpah (Ibrahim, 2014). Salah satu fauna tanah yang dapat dijadikan bioindikator adalah makrofauna tanah. Hal tersebut dijelaskan oleh (Tim Sintesis Kebijakan dalam Paritika, 2010) menjelaskan bahwa masing-masing biota tanah mempunyai fungsi yang khusus dan mempunyai fungsi ekologis yang khusus. Keanekaragaman biota dalam tanah dapat digunakan sebagai indikator biologis kualitas tanah. Setiap grup fauna tanah dapat dijadikan bioindikator karena keberadaan fauna tanah sangat bergantung dengan faktor biotik dan abiotik tanah (Sugiyarto, 2010). Makrofauna tanah mempunyai peranan besar untuk memperbaiki sifat-sifat fungsional tanah (Nusroh, 2000).

Makrofauna tanah mempunyai peran yang sangat beragam di dalam habitatnya. Pada ekosistem binaan, keberadaannya dapat bersifat positif (menguntungkan) maupun negatif (merugikan) bagi sistem budidaya. Pada satu sisi makrofauna tanah berperan menjaga kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik, distribusi hara, peningkatan aerasi tanah dan sebagainya, tetapi pada sisi lain juga dapat berperan sebagai hama berbagai jenis tanaman budidaya. Dinamika populasi berbagai jenis makrofauna tanah menentukan perannya dalam mendukung produktivitas ekosistem binaan. Dinamika populasi makrofauna tanah tergantung pada faktor lingkungan yang mendukungnya, baik berupa sumber makanan, kompetitor, predator maupun keadaan lingkungan fisika-kimianya (Sugiyarto *et al.*, 2007).

Bahan organik tanaman merupakan sumber energi utama bagi kehidupan biota tanah, khususnya makrofauna tanah (Suin, 1997), sehingga jenis dan komposisi bahan organik tanaman menentukan kepadatannya (Hakim *et al.*, 1986). Menurut Reinjtjes *et al.*, (1999) bahan organik tanaman akan mempengaruhi tata udara pada tanah dengan adanya jumlah pori tanah karena aktivitas biota tanah. Oleh aktivitas biota tanah, bahan organik tanaman dirombak menjadi mineral dan sebagian tersimpan sebagai bahan organik tanah. Bahan organik tanah sangat

berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah, meningkatkan aktivitas biologi tanah dan meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Fauna tanah memerlukan persyaratan tertentu untuk menjamin kelangsungan hidupnya. Struktur dan komposisi makrofauna tanah sangat tergantung pada kondisi lingkungannya. Makrofauna tanah lebih menyukai keadaan lembap dan masam lemah sampai netral (Notohadiprawiro, 1998). Hakim *et al.*, (1986) dan Makalew (2001) menjelaskan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah yaitu, iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi (hutan, padang rumput) serta cahaya matahari.

Perbedaan pengelolaan dan penggunaan lahan akan mempengaruhi populasi dan komposisi makrofauna tanah. Pengolahan tanah secara intensif, pemupukan dan penanaman secara monokultur pada sistem pertanian konvensional dapat menyebabkan terjadinya penurunan secara nyata biodiversitas makrofauna tanah (Crossley *et al.* 1992; Paoletti *et al.* 1992; Pankhurst 1994). Hal ini sejalan dengan yang dinyatakan oleh Susilo *et al.*, (1997) aktivitas berbagai makrofauna tanah diketahui berkaitan dengan dinamika bahan organik dan hara tanah. Dari hasil penelitiannya, dikatakan bahwa perubahan tataguna lahan, seperti perubahan dari lahan hutan menjadi pertanian, dapat mempengaruhi keanekaragaman makrofauna tanah. Hal ini diduga karena bahan organik yang dihasilkan oleh hutan lebih beragam daripada lahan pertanian tanaman semusim.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Survei lapangan dan pengambilan contoh sampel tanah dilaksanakan pada bulan November 2017-Januari 2018 pada 5 lahan berbeda yaitu pada lahan monokultur tebu dengan keprasan 2 dan 5 kali, dan juga pada lahan agroforestri berbasis sengon dengan umur 1, 3, dan 5 tahun di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang. Desa Wonokoyo merupakan salah satu desa di Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang yang terletak pada $112^{\circ}36'14''$ - $112^{\circ}40'42''$ Bujur Timur $077^{\circ}36'38''$ - $008^{\circ}01'57''$ Lintang Selatan. Keadaan hidrologi Kecamatan Kedungkandang sangat dipengaruhi oleh sungai-sungai yang melintas di wilayah tersebut, antara lain Sungai Bango, Sungai Brantas, Sungai Amprog dan beberapa sungai kecil lainnya. Iklim di Kecamatan Kedungkandang merupakan iklim tropis dengan suhu rata-rata mencapai $24^{\circ}08'C$ kelembapan 7,26 %. Curah hujan rata-rata pertahun mencapai 2.279 mm, dengan rata-rata terendah bulan Agustus dan tertinggi bulan Januari. Sedangkan kelembapan udara rata-rata 73 % dengan jumlah hari hujan terbanyak (19 hari) pada bulan Agustus dan terendah (0 hari) pada bulan Januari.



Gambar 2. Sketsa Lokasi Penelitian

Sedangkan untuk analisa parameter penelitian dilakukan pada bulan november 2017 di Laboratorium Fisika Tanah, Laboratorium Biologi Tanah, Laboratorium Fisika tanah dan Laboratorium Hama dan Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Pelaksanaan Penelitian

3.2.1 Pra Survei

Persiapan yang dilakukan sebelum pelaksanaan survei di lapangan diantaranya adalah perijinan lokasi pengamatan, persiapan pengumpulan data sekunder, persiapan alat dan bahan. Alat dan bahan yang digunakan disajikan pada tabel di bawah :

Tabel 3. Alat dan Bahan

Alat dan bahan	Kegunaan
Contoh tanah, timbangan, labu erlenmeyer, gelas ukur, pipet, alat titrasi	Pengukuran % C-organik tanah
Frame ukuran 0,5 m x 0,5 m, plastik, timbangan, gunting, pisau, alat tulis	Pengukuran seresah
Blok besi, timbangan, plastik, cawan, oven	Pengukuran berat isi tanah
Gelas perangkap, formalin, alkohol 70 %, cangkul/cetok, plastik, cawan, buku Kunci Determinan Serangga	Pengamatan dan perhitungan makrofauna tanah

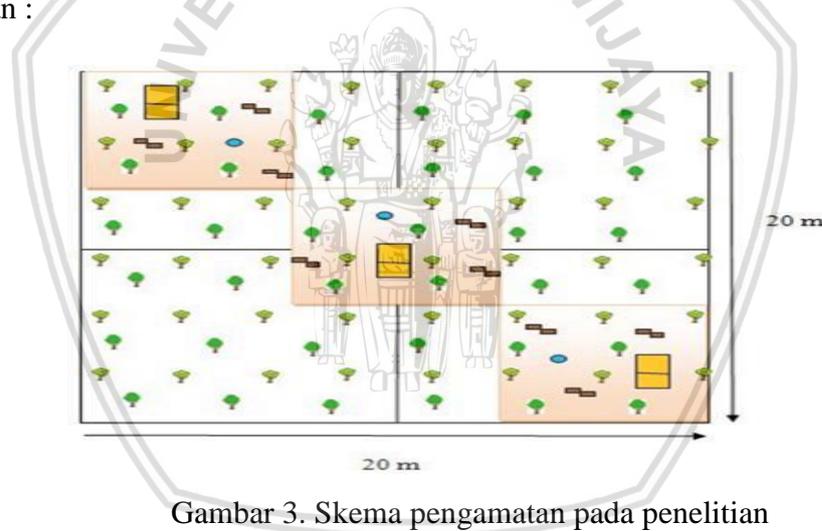
3.2.2 Survei

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada lokasi penelitian yang dipilih, yaitu pada lahan monokultur tebu dengan keprasan 2 dan 5 kali dan agroforestri berbasis sengon dengan perlakuan umur 1, 3, dan 5 tahun dengan metode survei lapangan dengan metode pengambilan sample tanah dengan metode acak sistematis, yaitu titik pengamatan diambil secara acak, sedangkan titik pengamatan lainnya di tentukan dengan jarak yang teratur dari lahan perwakilan tersebut (Widianto, 1994). Pengambilan contoh tanah meliputi dua macam sampel yaitu sampel tanah utuh menggunakan ring sampel dan tanah biasa. Sampel tanah utuh digunakan untuk analisa sifat fisik dan biologi tanah meliputi berat isi tanah dan seresah, sedangkan sampel tanah biasa digunakan untuk analisa kandungan bahan organik

tanah. Analisa sampel tanah akan dilaksanakan di laboratorium fisika, kimia dan biologi jurusan Tanah, Universitas brawijaya

Sedangkan untuk pengamatan makrofauna tanah pada penelitian ini dilakukan dengan metode Perangkap Jebak (*pitfall trap*), yaitu titik sampling ditentukan secara acak pada plot kemudian dibuat lubang sebesar ukuran gelas perangkap. Gelas perangkap yang berisi formalin 4% dimasukan dalam lubang, permukaan gelas (bibir gelas) dibuat sejajar atau datar dengan tanah. Agar air hujan tidak masuk dalam gelas perangkap maka gelas perangkap diberi atap. Perangkap dibiarkan selama 24 jam. Makrofauna yang terperangkap kemudian diidentifikasi di laboratorium (Suin 1997). Pengamatan penelitian dilaksanakan di laboratorium jurusan Hama dan Penyakit Tanaman dan laboratorium Biologi jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya.

Berikut skema pengamatan dan gambar lokasi penelitian pada lahan yang dilakukan :



Gambar 3. Skema pengamatan pada penelitian

Keterangan :

-  : Pengambilan sampel tanah utuh dan tidak utuh
-  : Pengambilan sampel tumbuhan bawah dan seresah
-  : Pengambilan sampel makrofauna tanah dengan pitfall trapp

Skema pengamatan pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 3. Setelah membuat satuan penggunaan lahan dengan ukuran 20 m x 20 m, maka dilanjutkan dengan pengambilan sampel penelitian. Pengambilan sampel pengamatan pada setiap SPL dilakukan di 3 titik pengambilan sampel dengan menggunakan sistem

acak (random sampling). Setiap titik pada SPL diambil 3 sampel penelitian yaitu sampel tanah utuh dan tidak utuh untuk mengetahui nilai %C-organik dan BI, sampel seresah dan vegetasi bawah (understorey), dan makrofauna tanah dengan gelas perangkap.



Gambar 4. Lokasi Penelitian : a. Lahan monokultur tebu, b. Lahan agroforestri berbasis sengon

3.2.3 Analisis Sifat-sifat Tanah

Analisis sifat-sifat tanah dilakukan setelah pengambilan data di lapang. Analisis sifat-sifat tanah meliputi beberapa tahapan, antara lain dijelaskan sebagai berikut :

a. Perhitungan C-organik

Perhitungan c-organik dilakukan dengan metode walkley & Black dengan cara menimbang sampel 1 g dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 ml. Kemudian ditambahkan dengan 10 ml $K_2Cr_2O_7$ 1 N, dikocok, dan 20 ml H_2SO_4 pekat lalu dikocok lagi. Sampel dibiarkan 30 menit, sambil sekali-kali dikocok. Kemudian sampel ditambah dengan akuadest 100 ml, H_3PO_4 5 ml, dan indikator difenilamin sebanyak 1 ml. sampel dititrasi dengan larutan $FeSO_4$ 1 N hingga warna berubah jadi hijau. Volume titran dicatat. Kadar C organik dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$C - Organik = \frac{(K_2Cr_2O_7 \times V_{K_2Cr_2O_7}) - (N_{FeSO_4} \times V_{FeSO_4})}{\text{Berat sample}} \times 0,33$$

(BPT, 2005)

b. Perhitungan Berat Isi Tanah

Perhitungan berat isi tanah dilakukan dengan metode ring dengan bahan yang digunakan pada metode *ring sample* adalah contoh tanah utuh, yang pengambilannya menggunakan *ring sample*. Alat yang digunakan adalah *ring sample* berbentuk silinder (tabung kuningan) dengan diameter luar 7,93 cm,

diameter dalam 7,63 cm, dan tinggi ring 4 cm, serta timbangan halus dan oven. Kemudian contoh tanah dalam *ring sample* yang telah diketahui volumenya (volume tanah sama dengan volume ring) ditimbang, kemudian ditetapkan kadar airnya. Untuk selanjutnya, dihitung berat kering tanahnya dengan prosedur kerja sebagai berikut :

1. Contoh tanah yang diambil dari lapangan menggunakan *ring sample* ditimbang, misal X gram (berat tanah + berat ring).
2. Tanah dikeluarkan dari *ring sample* kemudian ring ditimbang, misal Y gram (berat *ring sample*).
3. Ditentukan volume ring yang merupakan volume tanah dengan persamaan $\Pi R^2 \times T$.
Ket : $\Pi = 22/7$ nilai konstanta
R = jari-jari
T = tinggi/tebal ring
4. Tanah dari *ring sample* diambil 10 g untuk penetapan kadar air tanah, misalnya U% (kadar air tanah berdasarkan berat kering).
5. Berat kering tanah dihitung dengan persamaan = $(X - Y)/(100 + U)$ gram.
6. Berat isi = $\{(X - Y)/(100 + U)\}/\text{volume tanah}$ (BALITTANAH, 2008)

c. Perhitungan Makrofauna Tanah (Teknik Pengumpulan Data dan Indeks Keanekaragaman)

Untuk mengoleksi makrofauna tanah dilakukan dengan metode Perangkap Jebak, yaitu dengan titik sampling ditentukan secara acak pada plot kemudian dibuat lubang sebesar ukuran gelas perangkap. Gelas perangkap yang berisi formalin 4% dimasukkan dalam lubang, permukaan gelas (bibir gelas) dibuat sejajar atau datar dengan tanah. Agar air hujan tidak masuk dalam gelas perangkap maka gelas perangkap diberi atap. Perangkap dibiarkan selama 24 jam. Makrofauna yang terperangkap kemudian diidentifikasi di laboratorium (Suin 1997). Untuk menghitung Keanekaragaman dari mesofauna dan makrofauna tanah digunakan rumus Indeks Diversitas Shanon-Wiener sebagai berikut:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman spesies *Shannon-Wiener*

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah individu seluruh spesies

d. Indeks Kemerataan Pielou (Evenness Index)

Indeks kemerataan *Pielou* menunjukkan derajat kemerataan kelimpahan setiap spesies. Indeks kemerataan *Pielou* (*Evenness Index*) dinyatakan dengan:

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

Keterangan:

E = indeks kemerataan spesies *Pielou*

H' = indeks keanekaragaman spesies *Shannon-Wiener*

S = jumlah spesies yang ditemukan

Nilai E berkisar antara 0–1. Nilai yang mendekati 0 menunjukkan bahwa terdapat spesies yang dominan dalam komunitas. Jika nilai mendekati 1 menunjukkan seluruh spesies memiliki tingkat kemerataan spesies yang hampir sama atau tidak terdapat dominasi suatu spesies tertentu.

e. Indeks Nilai Penting

Untuk mengetahui komposisi jenis pohon yang mendominasi komunitas tegakan dihitung nilai pentingnya menggunakan rumus Soerianegara & Indrawan (1988) : $NP = FR + KR + DR$, dimana NP = nilai penting, FR = frekuensi relatif, dan DR = dominasi relatif. Semakin tinggi nilai penting suatu jenis, semakin tinggi pula tingkat penguasaannya di dalam komunitas yang bersangkutan.

f. Indeks Kesamaan (Similaritas) Makrofauna Tanah

Similarity index menunjukkan tingkat kesamaan komunitas antar 2 tipe tegakan yang berbeda. Nilai kesamaan komunitas (*Similarity index*) antar tipe tegakan dihitung dengan nilai indeks komunitas *Sorensen*.

$$\text{Indeks similaritas Sorensen} = \frac{2J}{(a+b)} \times 100\%$$

Keterangan:

J = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a dan b

a = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat a

b = jumlah spesies yang ditemukan pada habitat b

Indeks komunitas Sorensen berkisar antara 0–1, yang apabila mendekati nilai 1 menunjukkan bahwa tingkat kesamaan komunitas antar habitat tinggi, dan apabila mendekati nilai 0 menunjukkan bahwa tingkat kesamaan spesies antar habitat rendah (Magurran, 1998).

g. Kelimpahan (populasi) dan Frekuensi Ditemukannya Makrofauna

Kelimpahan adalah menggambarkan banyaknya jumlah individu yang menempati suatu lokasi. Kelimpahan spesies yang digunakan untuk analisis data penelitian adalah mengacu pada jumlah individu suatu spesies yang ditemukan pada lokasi tertentu.

Frekuensi suatu spesies makrofauna tanah menunjukkan keseringan ditemukannya spesies makrofauna tanah tertentu pada suatu tempat. Frekuensi ditemukannya spesies makrofauna tanah dapat dihitung dengan rumus :

$$F = \frac{\text{Jumlah plot ditemukan suatu spesies}}{\text{jumlah seluruh plot penelitian}}$$

Sedangkan untuk kerapatan suatu individu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kerapatan jenis } I = \frac{\text{Jumlah individu jenis } i}{\text{Luas area (m}^2\text{)}} \times 100$$

h. Penetapan Seresah

Penentuan titik lokasi sampling dilakukan dengan random (acak). Penentuan plot penelitian didasarkan pada kondisi vegetasi terwakili dalam kawasan. Akan diambil 3 titik contoh pengukuran pada luasan 0,5 m X 0,5 m. Pada setiap plot pengamatan. Parameter yang diamati meliputi berat basah dan berat kering contoh tumbuhan bawah terdiri dari akar, batang dan daun, serta berat basah dan berat kering contoh seresah. Dari setiap sub plot diambil contoh tumbuhan bawah menggunakan metode destructive sampling (Hairiah *et al.*, 2001) dengan memisahkan akar, batang dan daun, serta dilakukan pengambilan contoh seresah. Setiap ± 100 g sampel ditandai dan ditimbang berat basah dan berat kering setelah pemanasan 2 x 24 jam pada suhu 80°C. Data berat kering tiap komponen tumbuhan bawah dan seresah per plot dihitung dengan rumus Hairiah & Rahayu (2007) :

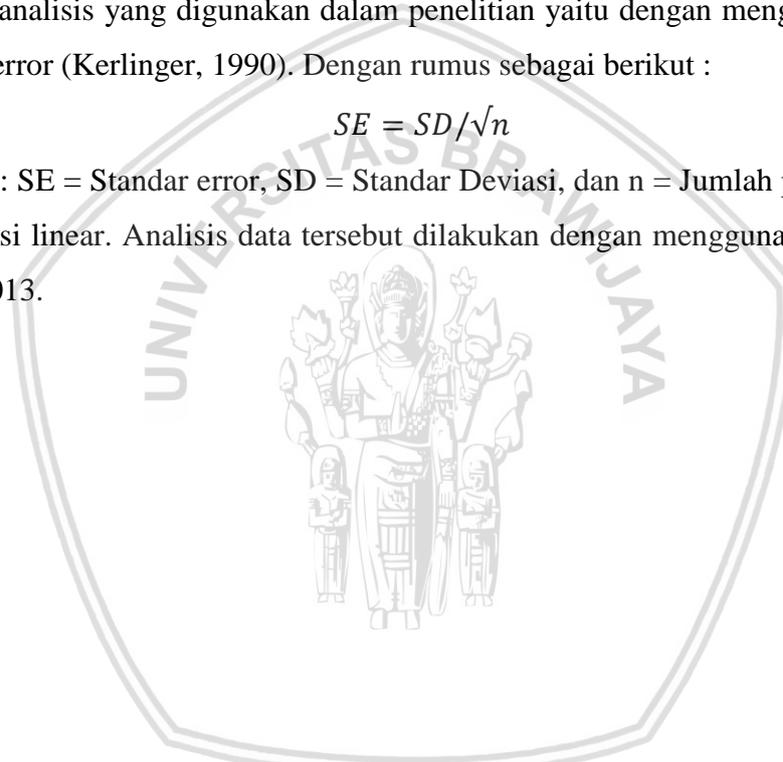
$$\text{Total BK (g)} = \frac{\text{BK subcontoh (g)}}{\text{BB subcontoh (g)}} \times \text{TotalBB (g)}$$

3.3 Analisis Data

Data yang diperoleh berupa data hasil pengamatan di lapangan maupun di laboratorium yang kemudian dihitung bahan organik tanah dan populasi makrofauna tanahnya. Analisis data yang dilakukan adalah analisis indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener (Diversity Index)*, indeks pemerataan *Pielou (Evenness Index)*, kelimpahan makrofauna tanah, indeks kesamaan komunitas (*Similarity Index*) antar tipe penggunaan lahan, dan frekuensi ditemukannya suatu spesies. Kemudian dibuat sebaran berupa grafik untuk menginformasikan besar bahan organik tanah dan populasi makrofauna tanah masing-masing ulangan. Metode analisis yang digunakan dalam penelitian yaitu dengan menggunakan Uji standar error (Kerlinger, 1990). Dengan rumus sebagai berikut :

$$SE = SD/\sqrt{n}$$

Dimana : SE = Standar error, SD = Standar Deviasi, dan n = Jumlah populasi, dan uji regresi linear. Analisis data tersebut dilakukan dengan menggunakan software Excel 2013.



IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian

Dari hasil survei dan wawancara yang dilakukan dengan masyarakat sekitar di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Malang, diperoleh informasi bahwa terjadi alih guna lahan yang sebelumnya para petani di daerah tersebut menjadi petani tebu, hampir di setiap pekarangan rumah warga ditanami dengan tanaman tebu dengan sistem monokultur sejak tahun 1960. Akan tetapi, pada awal tahun 2005 produksi tebu di desa tersebut menurun, sehingga banyak petani tebu yang menanam sengon di sebagian lahan mereka. Tanaman sengon dipilih karena perawatannya yang mudah, tidak perlu pengairan dan pemupukan secara berkala, serta waktu panen yang cepat, yaitu sekitar 5-7 tahun. Dalam penanaman tanaman sengon kebanyakan dilakukan pada lahan-lahan yang letaknya cukup jauh dari rumah warga, dimana akomodasinya lebih sulit. Sedangkan untuk tanaman tebu masih ditanam di pekarangan rumah warga yang akomodasinya lebih mudah ada saat panen. Sehingga sebagian besar di desa tersebut terdapat dua penggunaan lahan secara umum, yaitu monokultur tebu dan sistem agroforestri berbasis sengon.

4.1.1 Monokultur Tebu

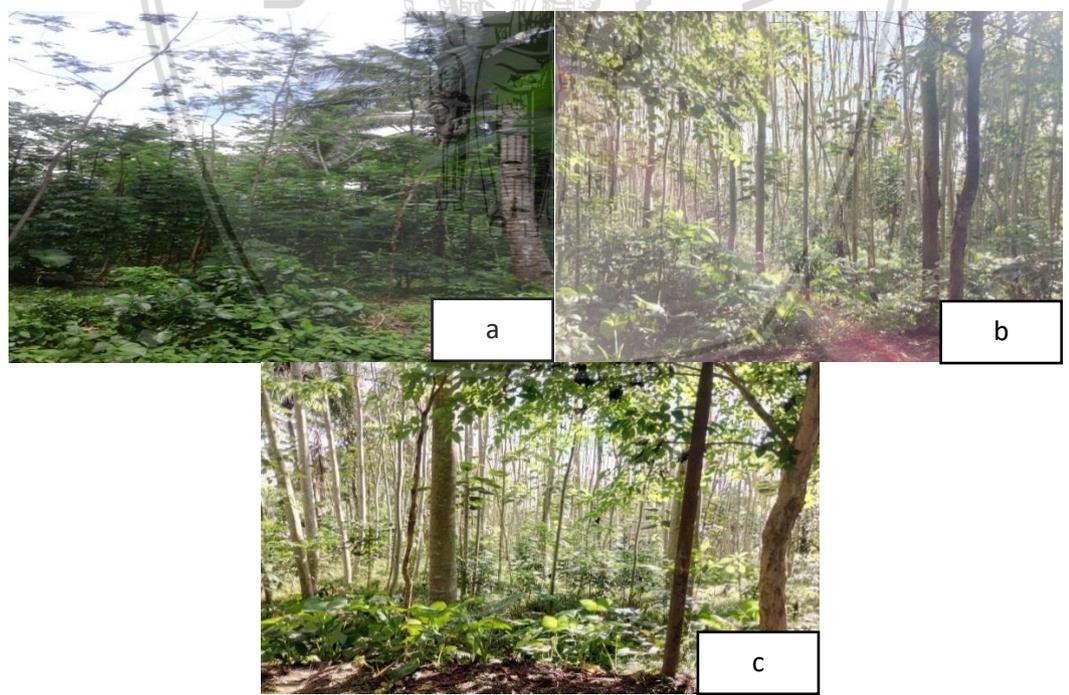
Lahan monokultur tebu ditanam oleh petani di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Malang sejak tahun 1960. Sistem monokultur tebu ditanam oleh petani tebu hampir di setiap pekarangan rumah warga. Tetapi, pada awal tahun 2005 produktivitas tebu di desa tersebut menurun, sehingga berimbas pada pendapatan ekonomi petani tebu di desa tersebut, dan banyak petani tebu di desa tersebut beralih menanam sengon di lahan mereka. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan terhadap petani di desa tersebut, para petani tebu melakukan penanaman tebu dengan menggunakan kepras (*rattoncane*), hal ini dilakukan agar dapat menghemat biaya dan waktu penanaman tebu (bibit dan tenaga kerja), bila dibandingkan *replanting cane*. Para petani melakukan penanaman tebu di kawasan tersebut dengan menggunakan kepras yang bermacam-macam, mulai dari 2, 3, 5, dan 7 kepras. Untuk tetap menjaga produktivitas tebu yang ditanam, para petani di desa tersebut mengaplikasikan pupuk Phonska, ZA, dan pupuk organik. Dokumentasi lahan monokultur tebu kepras 2 dan 5 kali disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Monokultur tebu. (a) tebu keprasan 2 kali, (b) tebu keprasan 5 kali

4.1.2 Agroforestri Sengon

Sebagian Besar petani di Desa Wonokoyo, Kecamatan Kedungkandang, Malang beralih menanam sengon yang awalnya menanam tebu di lahan mereka semenjak tahun 2005. Hal ini dilakukan karena produktifitas tebu menurun pada tahun tersebut. Tanaman sengon dipilih karena perawatannya yang mudah, tidak perlu pengairan dan pemupukan secara berkala, serta waktu panen yang cepat, yaitu sekitar 5-7 tahun. Tanaman sengon ditanam secara tumpangsari dengan berbagai jenis tanaman pohon maupun musiman, seperti ubi kayu, kelapa, kopi, waru, lamtoro, mahoni, pisang dan lain-lain. Dokumentasi lahan agroforestri berbasis sengon disajikan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Agroforestri berbasis sengon (a) sengon umur 1 tahun, (b) sengon umur 3 tahun, (c) sengon umur 5 tahun

4.2. Perubahan Penggunaan Lahan terhadap Sifat Tanah

Perubahan penggunaan lahan monokultur tebu menjadi sistem agroforestri berbasis sengon secara umum dapat meningkatkan kandungan Bahan Organik Tanah. Nilai % C-organik tertinggi terdapat pada penggunaan lahan Sengon umur 5 tahun dengan nilai 1,47%, kemudian sengon 3 tahun sebesar 1,43% dan yang terakhir sengon 1 tahun sebesar 1,14%. Akan tetapi untuk tanaman tebu keprasan 2 kali maupun keprasan 5 kali jika keduanya dibandingkan maka tidak terjadi perubahan terhadap peningkatan %C-organik, kedua nilai tersebut setara dengan sengon umur 1 tahun yaitu 1,15% dan 1,13%. Berdasarkan kriteria tinggi rendahnya kandungan Bahan Organik Tanah, lahan monokultur tebu keprasan 2 dan 5 kali serta lahan agroforestri sengon umur 1 tahun berada pada kriteria sedang, sedangkan lahan sengon umur 3 dan 5 tahun berada kriteria tinggi. Hasil pengukuran dapat dilihat dari tabel 4. Nilai rata-rata %C-Organik tanah yang didapatkan pada lahan agroforestri berbasis sengon umur 1 tahun sebesar 1,14% sengon umur 3 tahun sebesar 1,43% sebesar dan sengon umur 5 tahun sebesar 1,47%. Hasil pengukuran %C-organik tersebut jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan di Kerala, India tidak terlalu banyak berbeda, dimana pada daerah tersebut didapatkan hasil %C-Organik sebesar 1,387% (Kumar *et al.*, 1998). Sedangkan nilai %C-Organik pada tanaman tebu keprasan kali sebesar 1,15% dimana nilai tersebut tidak terlalu berbeda bila dibandingkan dengan tanaman tebu keprasan 5 kali yaitu sebesar 1,13%.

Tabel 4. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap beberapa sifat tanah

SPL	Rata-rata C-Organik (%)	Nilai rata2 BI (g cm ⁻³)	Rata2 Biomassa seresah (t ha ⁻¹)	Rata2 biomassa understorey (t ha ⁻¹)	Rata2 Ketebalan seresah (cm)
T2	1,15 (±0,017)	1,05 (±0,063)	0,084 (±1,98)	0,026 (±1,77)	0,26 (±0,08)
T5	1,13 (±0,04)	1,14 (±0,115)	0,063 (±4,91)	0,043 (±6,41)	1,12 (±0,02)
S1	1,14 (±0,012)	1,37 (±0,005)	0,068 (±9,73)	0,044 (±6,02)	0,25 (±0,03)
S3	1,43 (±0,025)	1,26 (±0,046)	0,138 (±2,52)	0,065 (±1,68)	0,36 (±0,01)
S5	1,47 (±0,007)	1,18 (±0,034)	0,083 (±5,33)	0,078 (±8,9)	1,76 (±0,01)

Keterangan : T2 (Tebu keprasan 2 kali, T5 (Tebu keprasan 5 kali), S1 (Sengon umur 1 tahun), S3 (Sengon umur 3 tahun), S5 (Sengon umur 5 tahun), ±) SE (Standar error).

Antara lahan monokultur tebu keprasan 2 dan 5 kali tidak terdapat perbedaan nilai %C-organik yang cukup berarti. Hal ini ditunjukkan dengan hanya terjadi penurunan nilai %C-organik sebesar 2,3 % dan juga berada pada kriteria yang sama yaitu pada kriteria sedang. Akan tetapi terjadi perubahan nilai %C-organik yang berarti antara lahan sengon umur 1 tahun dengan 3 tahun dengan terjadi kenaikan nilai %C-organik sebesar 25,3 % dan ditandai dengan perubahan kriteria, yaitu pada lahan agroforestri sengon berada pada kriteria tinggi. Sementara antara lahan sengon umur 3 dan 5 tahun hanya terjadi kenaikan nilai %C-organik 2,7 %, dan berada pada kriteria yang sama. Hal ini diduga karena pada penggunaan lahan agroforestri sengon 5 tahun memiliki vegetasi yang rapat, dan banyaknya seresah dari sisa-sisa tanaman yang terdekomposisi sehingga menjadi asupan C-organik ke dalam tanah. Yusrial *et al.*, (2004) menyatakan bahwa pada lahan tegalan terjadi penurunan bahan organik. Rendahnya %C-organik disebabkan oleh rendahnya sumbangan bahan organik yang berasal dari daun, ranting, serta akar dari penggunaan lahan yang intensif. Pada saat pelapukan bahan organik menurun, persediaan karbon dalam tanah menipis dan jumlah jasad renik juga berkurang. Sehingga dapat disimpulkan C-organik pada tanah menjadi rendah (Hasibuan, 2009).

Ketersediaan %C-Organik tanah pada lahan dipengaruhi oleh seberapa banyak masukan (input) pada lahan tersebut, seperti seresah, pupuk organik, dan lain sebagainya. Semakin tinggi kandungan bahan organik, maka tanah tersebut menjadi subur. Kandungan BOT dapat menjadi unsur hara yang yang diperlukan bagi tanaman, medium berkembangnya populasi mikroorganisme sehingga semakin banyak BOT maka tanah menjadi subur (Mindawati *et al.*, 2010).

Nilai hasil rata-rata Berat Isi (BI) tanah disajikan dalam Tabel 4, yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata BI tanah paling tinggi terdapat pada lahan S1 ($1,37 \text{ g cm}^{-3}$), kemudian secara berurutan diikuti lahan S3 ($1,26 \text{ g cm}^{-3}$), S5 ($1,18 \text{ g cm}^{-3}$), T5 ($1,14 \text{ g cm}^{-3}$), dan yang paling rendah terdapat pada lahan T2 ($1,05 \text{ g cm}^{-3}$). Tabel 10 juga menunjukkan bahwa secara keseluruhan nilai rata-rata BI tanah pada lahan agroforestri berbasis sengon lebih tinggi dibandingkan dengan lahan tebu. Pada penggunaan lahan tebu keprasan 2 kali memiliki nilai BI $1,05 \text{ g cm}^{-3}$ dan tebu keprasan 5 kali sebesar $1,14 \text{ g cm}^{-3}$. Hasil penelitian tersebut hampir sama jika

dibandingkan dengan penelitian di daerah Martinho, Brazil penggunaan lahan tebu keprasan 2 kali mempunyai nilai BI sebesar $1,10 \text{ g cm}^{-3}$ dan tebu keprasan 6 kali mempunyai nilai BI sebesar $1,12 \text{ g cm}^{-3}$ (Galdos *et al.*, 2009).

Pada penggunaan lahan sengon mempunyai nilai BI yang berbeda antara ketiganya, dimana pada penggunaan lahan sengon 1 tahun memiliki nilai BI yang paling tinggi dibandingkan dengan lahan sengon umur 3 dan 5 tahun. Nilai BI terendah biasanya didapatkan di permukaan tanah sesudah pengolahan tanah, diketahui dari hasil survei bahwa pada penggunaan lahan sengon umur 1 tahun, 3 tahun, dan 5 tahun sudah tidak ada lagi pengolahan tanah. Perbedaan nilai BI tersebut disebabkan oleh pengelolaan tanah pada lahan, berbedanya kandungan bahan organik, struktur tanah, makrofauna tanah dan lain sebagainya. Nilai BI dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah, semakin tinggi bahan organik tanah, maka semakin rendah nilai BI pada tanah tersebut, begitu juga sebaliknya.

Perubahan penggunaan lahan dari monokultur tebu menjadi sistem agroforestri berbasis sengon mengakibatkan perubahan pada jumlah biomassa seresah pada lahan. Biomassa seresah pada tanaman sengon yang tertinggi terdapat pada lahan sengon umur 3 tahun sebesar $0,138 \text{ t ha}^{-1}$, kemudian penggunaan lahan sengon umur 5 tahun sebesar $0,083 \text{ t ha}^{-1}$ dan yang terakhir sengon 1 tahun sebesar $0,068 \text{ t ha}^{-1}$. Pada lahan monokultur tebu, biomassa seresah tertinggi terdapat pada lahan tebu keprasan 2 kali sebesar $0,084 \text{ t ha}^{-1}$ dan tebu keprasan 5 kali sebesar $0,063 \text{ t ha}^{-1}$. Hasil tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan masukan seresah pada lahan agroforestri sengon+kopi+talas di desa Slampangrejo, Jabung, Malang memiliki masukan seresah sebesar $7,23 \text{ t ha}^{-1}$, untuk tanaman monokultur sengon umur 3-4 tahun memiliki masukan seresah sebesar $3,5 \text{ t ha}^{-1}$, untuk tanaman monokultur umur 6 tahun sebesar $5,2 \text{ t ha}^{-1}$, dan masukan seresah yang terendah terdapat pada lahan semusim dengan nilai sebesar $0,42 \text{ t ha}^{-1}$ (Khalif *et al.*, 2014). Jika dibandingkan biomassa seresah pada lahan tebu keprasan 2 dan 5 kali dengan sengon umur 5 dan 1 tahun, maka tidak terjadi peningkatan jumlah biomassa seresah, kedua nilai biomassa seresah tersebut setara. Akan tetapi mengalami peningkatan biomassa seresah cukup tinggi pada lahan sengon umur 3 tahun dengan jumlah biomassa seresah senilai $0,138 \text{ t ha}^{-1}$. Hal ini disebabkan karena jenis tanaman dan umur tanaman pendamping pada agroforestri sengon serta jarak tanam

segon berbeda-beda tiap lahannya. Sehingga penutup tajuk ataupun vegetasi bawah, menghasilkan jumlah seresah yang berbeda-beda. Hal ini sesuai pernyataan Riyanto *et al.*, (2013) yang menyatakan bahwa jumlah produksi seresah sangat dipengaruhi kerapatan tegakan. Nilai biomassa seresah yang setara antara penggunaan lahan tebu keprasan 2 dan 5 kali dengan segon umur 5 dan 1 tahun diduga karena pada pengolahan lahan monokultur tebu dilakukan pemberian seresah (daun dan batang hasil panen tebu maupun daun dan batang tebu hasil pemangkasan) di atas permukaan tanaman tebu. Sementara pada lahan agroforestri segon tidak lagi dilakukan pengelolaan lahan dengan pemberian seresah.

Perubahan penggunaan lahan dari monokultur tebu menjadi sistem agroforestri juga menyebabkan adanya perubahan pada jumlah biomassa vegetasi bawah pada lahan. Biomassa vegetasi bawah pada lahan segon yang tertinggi terdapat pada segon umur 5 tahun dengan nilai sebesar $0,078 \text{ t ha}^{-1}$, kemudian penggunaan lahan segon umur 3 tahun sebesar $0,065 \text{ t ha}^{-1}$, dan yang terendah pada lahan segon umur 1 tahun sebesar $0,044 \text{ t ha}^{-1}$. Pada lahan monokultur tebu, biomassa vegetasi bawah tertinggi terdapat pada tebu keprasan 5 kali sebesar $0,041 \text{ t ha}^{-1}$, dan yang terendah pada lahan tebu keprasan 2 kali sebesar $0,026 \text{ t ha}^{-1}$. Peningkatan biomassa vegetasi pada lahan diduga karena pengelolaan dan penggunaan lahan. Rendahnya jumlah biomassa pada lahan monokultur tebu dikarenakan pengelolaan lahan yang intensif dengan dilakukannya pembersihan gulma di sekitar permukaan tanah, sementara pada lahan agroforestri segon tidak dilakukan pembersihan gulma, sehingga menyebabkan biomassa vegetasi bawah cukup tinggi.

Perubahan penggunaan lahan dari monokultur tebu menjadi sistem agroforestri berbasis segon juga menyebabkan perubahan ketebalan seresah pada lahan. Ketebalan seresah pada lahan segon yang tertinggi terdapat pada segon umur 5 tahun dengan nilai rata-rata sebesar 1,76 cm, kemudian segon umur 3 tahun sebesar 0,36 cm, dan yang terendah pada lahan segon umur 1 tahun sebesar 0,25 cm. Sementara pada lahan tebu, ketebalan seresah tertinggi terdapat pada lahan tebu keprasan 5 kali sebesar 1,12 cm, dan yang terendah pada lahan tebu keprasan 2 kali sebesar 0,26 cm. Jika dibandingkan, ketebalan seresah pada lahan tebu keprasan 2 kali memiliki nilai yang setara atau tidak terjadi perubahan terhadap peningkatan

nilai ketebalan seresah dengan sengon umur 1 tahun. Hal ini disebabkan karena pada lahan monokultur tebu dilakukan pengelolaan lahan dengan pemberian seresah lewat daun dan batang tanaman tebu sisa hasil panen maupun pemangkasan pada lahan, sementara pada lahan sengon umur 1 tahun tidak dilakukan pengelolaan lahan dengan pemberian input seresah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hairiah *et al.*, (2002) yang menyatakan bahwa Penurunan ketebalan seresah ditentukan oleh sistem penggunaan lahan dan pengelolaannya. Jumlah dan kualitas masukan seresah menentukan tebal dan tipisnya lapisan seresah yang ada di permukaan tanah. Seresah merupakan sisa-sisa daun yang berguguran jatuh di atas permukaan tanah. Seresah yang telah lama berada di permukaan tanah akan menjadi membusuk dan terdekomposisi dengan mikroorganisme yang ada dalam tanah tersebut. Semakin banyak dan tebal seresah maka semakin banyak biomassa yang dihasilkan untuk mengalami sirkulasi menjadi unsur hara bagi tanaman itu sendiri (Golley, 1983).

4.3 Makrofauna Tanah

4.3.1 Komposisi dan Populasi Makrofauna Tanah

Populasi (kelimpahan) dan komposisi makrofauna tanah yang didapatkan dari 3 kali pengamatan pada penelitian pada 5 Satuan Penggunaan Lahan (SPL) terdiri dari 7 ordo, 8 famili dan 8 morfospesies dengan total kelimpahan 699. Kelimpahan makrofauna tanah pada seluruh SPL disajikan pada Tabel 5, sedangkan untuk kelimpahan makrofauna dari ketiga pengamatan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 5. Total Populasi Makrofauna Tanah (N) seluruh pengamatan

SPL	Total N	Morfospesies dominan
T2	114 ($\pm 11,14$)	<i>Formicidae sp.</i>
T5	94 ($\pm 6,57$)	<i>Formicidae sp.</i>
S1	109 ($\pm 4,97$)	<i>Formicidae sp.</i>
S3	180 ($\pm 15,94$)	<i>Formicidae sp.</i>
S5	202 ($\pm 13,31$)	<i>Formicidae sp.</i>

Keterangan : T2 (Tebu keprasan 2 kali, T5 (Tebu keprasan 5 kali), S1 (Sengon umur 1 tahun), S3 (Sengon umur 3 tahun), S5 (Sengon umur 5 tahun), N (Populasi makrofauna, \pm) SE (Standar error).

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah total individu yang ditemukan pada lahan T2 berjumlah 114 individu, lahan T5 berjumlah 94 individu, lahan S1

berjumlah 109 individu, lahan S3 berjumlah 180, dan pada lahan S5 berjumlah 202 individu. Seluruh makrofauna tanah yang ditemukan pada lahan hanya terbagi pada phylum Arthropoda dan kelas Insekta. Famili paling dominan adalah Formicidae (443), diikuti Thomisidae (85), Acrididae (48), Gryllidae (43), Ochteridae (37), Carabidae (25), Culicidae (16), dan yang paling sedikit Saturniidae (2). Nilai Jumlah total spesies dalam suatu komunitas (S) tergantung pada ukuran sampel dan waktu.



Gambar 7. *Formicidae* sp.,

Populasi (kelimpahan) dan komposisi makrofauna dari 5 tipe penggunaan lahan pada penelitian ini terdiri dari 7 ordo, 8 famili dan 8 morfospesies dengan total populasi sebanyak 699. Seluruh makrofauna tanah yang didapatkan berada pada kelas insekta. Contoh makrofauna tanah yang didapatkan disajikan di Lampiran 2. Populasi makrofauna tanah tertinggi terdapat pada lahan Sengon umur 5 tahun dengan jumlah total individu yang ditemukan sebanyak 699 morfospesies. Penggunaan lahan agroforestri sengon umur 5 tahun memiliki nilai kandungan BOT, ketebalan seresah dan biomassa vegetasi bawah paling tinggi bila dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya. Kondisi tersebut diduga menyebabkan populasi pada penggunaan lahan tersebut tinggi.

Populasi makrofauna sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, sehingga faktor lingkungan benar-benar harus diperhatikan. Alih guna lahan atau perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada keberadaan makrofauna tanah, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terjadinya alih guna lahan diduga akan berdampak pada menurunnya kelimpahan jumlah individu makrofauna tanah spesies tertentu. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Pankhurst (1994) bahwa perbedaan pengelolaan dan penggunaan lahan akan mempengaruhi populasi dan kelimpahan makrofauna tanah. Pengelolaan tanah

secara intensif, pemupukan dan penanaman secara monokultur pada sistem pertanian konvensional dapat menyebabkan terjadinya penurunan secara nyata biodiversitas makrofauna tanah. Kondisi tersebut terlihat pada Tabel 5 yang menunjukkan bahwa secara keseluruhan penggunaan lahan agroforestri berbasis sengon 5 tahun memiliki populasi makrofauna tanah yang lebih tinggi daripada penggunaan lahan lainnya.

Data kelimpahan dan komposisi makrofauna tanah dari 5 SPL yang dibedakan berdasarkan keprasan pada monokultur tebu dan umur pada agroforestri berbasis sengon disajikan pada Tabel 5. Tabel 5 menunjukkan bahwa populasi makrofauna tanah pada lahan tebu keprasan 2 kali tidak terlalu berbeda dengan lahan tebu keprasan 5 kali yaitu masing-masing sebesar 114 individu dan 94 individu. Populasi makrofauna pada penggunaan lahan agroforestri berbasis sengon umur 5 tahun sebesar 202 individu, sengon 3 tahun sebesar 182 individu dan 1 tahun sebesar 109 individu. Tingginya populasi makrofauna tanah pada penggunaan lahan agroforestri sengon umur 5 tahun ini diduga disebabkan oleh umur sengon yang lebih tua. Penggunaan lahan sengon agroforestri 5 tahun merupakan lokasi pada penelitian dengan ketebalan serasah, biomassa understory dan kandungan bahan organik tanah paling tinggi bila dibandingkan dengan keempat penggunaan lahan lainnya. Lavelle *et al.*, (1994) dalam penelitiannya menerangkan bahwa sumber makanan merupakan faktor utama yang mempengaruhi diversitas dan kelimpahan komunitas makrofauna tanah. Sugiyarto (2000) menyatakan bahwa keberadaan vegetasi bawah dapat memberikan kondisi mikrohabitat lebih baik guna menunjang kehidupan berbagai jenis organisme tanah, termasuk makrofauna tanahnya.

4.2.2 Biodiversitas Makrofauna Tanah

Keanekaragaman yang telah dianalisis pada penelitian ini adalah nilai indeks diversitas dan nilai kemerataan spesies makrofauna tanah. Hasil perhitungan nilai indeks diversitas dan nilai indeks kemerataan spesies yang disajikan dalam tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa lahan S1 memiliki nilai indeks keanekaragaman yang paling tinggi (1,44), diikuti T5 (1,28), T2 (1,03), S5 (1,01), dan yang paling rendah terdapat lahan S3 (1,00). Sedangkan untuk nilai indeks kemerataan spesies makrofauna tanah, lahan S1 memiliki nilai indeks kemerataan spesies paling tinggi

(0,80), diikuti lahan T5 (0,73), T2 (0,62), S5 (0,58), dan yang paling rendah terdapat pada lahan S3 (0,52).

Tabel 6. Nilai rata-rata indeks keanakeragaman (H') dan Kemerataan (E) makrofauna tanah

SPL	Rata-rata H'	Rata-rata E	Morfospesies dominan	Rata-rata INP (%)
T2	1,02 ($\pm 0,115$)	0,62 ($\pm 0,021$)	<i>Formicidae sp.</i>	97,62
T5	1,28 ($\pm 0,075$)	0,73 ($\pm 0,022$)	<i>Formicidae sp.</i>	85,91
S1	1,44 ($\pm 0,086$)	0,80 ($\pm 0,027$)	<i>Formicidae sp.</i>	69,8
S3	1,00 ($\pm 0,184$)	0,52 ($\pm 0,064$)	<i>Formicidae sp.</i>	86,66
S5	1,01 ($\pm 0,005$)	0,58 ($\pm 0,021$)	<i>Formicidae sp.</i>	84,80

Keterangan : T2 (Tebu keprasan 2 kali, T5 (Tebu keprasan 5 kali), S1 (Sengon umur 1 tahun), S3 (Sengon umur 3 tahun), S5 (Sengon umur 5 tahun), H (Indeks diversitas), E (Indeks kemerataan), \pm SE (Standar error), INP (Indeks Nilai Penting).

Keanekaragaman yang telah dianalisis pada penelitian ini adalah indeks keragaman dan indeks kemerataan makrofauna tanah. Hasil perhitungan nilai indeks keragaman yang disajikan pada Tabel 6 menunjukkan bahwa lahan sengon umur 1 tahun merupakan penggunaan lahan dengan nilai indeks keragaman tertinggi yaitu sebesar 1,44. Pada lahan sengon umur 1 tahun biomassa seresah cukup tinggi. Lavelle *et al.*, (1994) dalam penelitiannya menerangkan bahwa sumber makanan merupakan faktor utama yang mempengaruhi diversitas dan kelimpahan komunitas makrofauna tanah. Sugiyarto (2000) menyatakan bahwa keberadaan vegetasi bawah dapat memberikan kondisi mikrohabitat lebih baik guna menunjang kehidupan berbagai jenis organisme tanah, termasuk makrofauna tanahnya. Sedangkan indeks keanekaragaman paling rendah adalah pada lahan sengon umur 5 tahun dan tebu keprasan 5 kali. Menurut Purwanti (2003) indeks keanekaragaman tidak ditunjukkan dari seberapa besar jumlah individu maupun jumlah spesies tapi ditunjukkan dari nilai penting yang diperoleh dari keseluruhan spesies pada suatu komunitas. Di samping itu penyebab rendahnya indeks keragaman pada lahan sengon umur 5 tahun diduga karena pada penelitian ini hanya dilakukan dengan metode pitfall trap, sehingga taksa yang ditemukan penelitian ini hanya pada phylum Arthropoda dan kelas insekta.

Secara keseluruhan, kelima SPL pada penelitian memiliki nilai indeks keragaman (H') antara 1-2. Kent & paddy (1992) menyatakan bahwa suatu

komunitas yang memiliki nilai $H' < 1$, dikatakan komunitas kurang stabil; jika nilai H' antara 1-2, maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan stabil, jika nilai $H' > 2$, maka komunitas dikatakan sangat stabil. Maka dapat disimpulkan kelima SPL pada penelitian termasuk dalam kategori H' antara 1-2, yang komunitas makrofauna tanah dengan kondisi lingkungan stabil, yang mana pada kelima SPL penelitian tidak terdapat adanya perbedaan kategori. Odum (1996) juga menyatakan bahwa Kestabilan suatu jenis juga dipengaruhi oleh tingkat kemerataannya, semakin tinggi nilai H' , maka keanekaragaman jenis dalam komunitas tersebut semakin stabil. Sebaliknya semakin rendah nilai H' , maka tingkat kestabilan keanekaragaman jenis dalam komunitas semakin rendah.

Tingkat penyebaran jenis makrofauna tanah dalam tiap penggunaan lahan dihitung dengan menggunakan nilai indeks kemarataan spesies (E). Tingkat kestabilan suatu jenis dalam suatu komunitas dikategorikan dengan nilai E sebagai berikut: $E = 0 < 0,3$ tingkat kestabilan keragaman jenis tergolong rendah; $E = 0,3 < 0,6$ tingkat kestabilan keragaman jenis tergolong sedang; $e' = > 0,6$ tingkat kestabilan keragaman jenis tergolong tinggi (Magguran, 1988). Dengan kata lain, nilai E yang mendekati 0 menunjukkan bahwa terdapat spesies yang dominan dalam komunitas. Jika nilai mendekati 1 menunjukkan seluruh spesies memiliki tingkat kemerataan spesies yang hampir sama atau tidak terdapat dominasi suatu spesies tertentu. Tabel 7 menunjukkan nilai indeks kemerataan tertinggi terdapat pada lahan S1 yaitu sebesar 0,81, lalu secara berurutan diikuti oleh T5 sebesar 0,72, lahan T2 sebesar 0,62, lahan S3 sebesar 0,58, dan yang paling kecil terdapat pada lahan S5 sebesar 0,52. Berdasarkan nilai indeks kemerataan pada Tabel 7, maka dapat disimpulkan lahan S1, T2, dan T5 termasuk dalam kategori tingkat kestabilan keragaman jenis tinggi, sedangkan lahan S3 dan S5 termasuk dalam kategori sedang.

Nilai indeks kemerataan spesies yang ditemukan pada kelima SPL pada penelitian berkisar antara 0,52-0,81. Hal ini menandakan adanya spesies yang mendominasi pada kelima SPL. Hal ini dibuktikan dengan famili Formicidae yang mendominasi pada seluruh SPL pada penelitian. Hal ini dapat dilihat Tabel 2, 3 dan 6 yang menunjukkan bahwa SPL secara keseluruhan didominasi oleh makrofauna tanah dengan taksa famili Formicidae, yang termasuk dalam ordo Hymenoptera.



Tabel 7. Populasi makrofauna tanah tiap pengamatan

Ordo	Famili	Morfo spesies	T2			T5			S1			S3			S5		
			I	II	III												
Orthoptera	Gryllidae	Gryllidae sp.	5	1	1	1	4	4	3	3	4	4	4	2	3	1	3
	Acrididae	Acrididae sp.	10	3	4	6	3	3	6	4	1	2	2	1	2	-	1
Coleoptera	Carabidae	Carabidae sp.	1	2	2	2	1	1	-	-	-	1	-	2	2	5	6
Hymenoptera	Formicidae	Formicidae sp.	37	18	20	24	15	15	18	12	20	48	32	44	60	27	53
Lepidoptera	Saturniidae	Saturniidae sp.	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Araneida	Thomisidae	Thomisidae sp.	1	-	-	9	1	1	10	7	8	20	0	1	11	7	9
Hemiptera	Ochteridae	Ochteridae sp.	0	-	-	4	-	-	3	1	3	10	1	3	7	1	4
Diptera	Culicidae	Culicidae sp.	5	-	3	-	-	-	3	-	2	0	0	3	-	-	-
Total			60	24	30	46	24	24	44	27	38	85	39	56	85	41	76

Keterangan : I (pengamatan pertama pada minggu ke-2 November 2017), II (pengamatan kedua pada minggu ke-4 november 2017), III (pengamatan ketiga pada minggu ke 2 desember 2017)

Kanisius (1991) menyatakan bahwa taksa Formicidae (Semut) merupakan serangga yang ditemukan hampir di seluruh tempat dan berperan sebagai predator, dan sebagian kecil hama. Semut merupakan kelompok yang paling sukses dari semua kelompok serangga. Hewan ini terdapat di mana-mana di habitat darat dan jumlah individunya melebihi kebanyakan hewan darat lainnya. Semut merupakan spesies pemakan tumbuhan atau hewan yang telah membusuk. Tersedianya seresah dengan jumlah yang banyak merupakan faktor pendukung melimpahnya semut. Banyaknya rayap dan hewan kecil lain sebagai makanan semut ini merupakan faktor pendukung kemelimpahannya. Semut-semut ini secara tidak langsung berperan dalam menjaga kesuburan tanah dengan cara mengurai bahan organik menjadi butiran yang lebih kecil (*fezes*). Hewan ini juga berperan dalam translokasi bahan organik dari permukaan ke dalam tanah. Selain itu, semut juga berperan dalam pemeliharaan ruang pori tanah melalui lubang-lubang yang dibuat oleh koloni mereka di dalam tanah. Semut merupakan makrofauna yang mempunyai peran sebagai pendekomposer bahan organik, predator, dan hama tanaman. Semut juga dapat berperan sebagai *ecosystem engineers* yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan aerasi tanah. Kelimpahan semut yang tertinggi biasanya terdapat pada lapisan seresah lebih tinggi. Hal ini dikarenakan semut lebih menyukai tanah dengan bahan organik yang tinggi dibandingkan dengan bahan organik yang rendah. Organisme predator dominan kedua yang ditemukan adalah famili Carabidae (Kumbang tanah). Schowalter (2011) menjelaskan bahwa kumbang predator dapat mempengaruhi populasi serangga lainnya. Selain itu, kumbang juga banyak berperan sebagai *scavenger* dan dekomposer dalam proses penguraian bahan organik baik di permukaan tanah maupun di dalam tanah (Price *et al.*, 2011). Kanisius (1991) menjelaskan bahwa Carabidae merupakan spesies yang berlindung pada siang hari dan aktif pada malam hari. Baik larva maupun dewasa hampir semuanya bersifat predator. Kumbang Carabid dikenal juga sebagai predator hama-hama padi seperti penggulung daun yang cukup efektif.

4.2.3 Analisis Perbandingan Komunitas Makrofauna Tanah

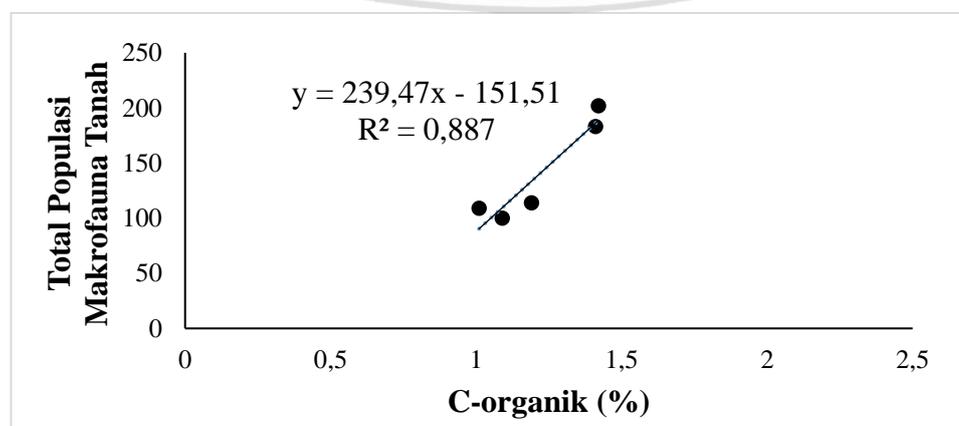
Hasil perhitungan indeks kesamaan Sorensen diajikan dalam tabel 1a, 1b, dan 1c pada lampiran. Hasil analisis indeks kesamaan komunitas Sorensen memperlihatkan bahwa nilai rata-rata indeks kesamaan pada pengamatan ke-1, 2, dan 3 hampir sama, dengan nilai indeks kesamaan masing-masing sebesar (65,40%, 66,9%, dan 64,33%). Hal ini menunjukkan kelima SPL pada penelitian tidak memiliki perbedaan struktur dan komposisi komunitas yang cukup besar.

Indeks kesamaan komunitas menggambarkan tingkat kesamaan struktur dan komposisi jenis dari tegakan yang dibandingkan. Nilai indeks kesamaan berkisar 0-100%, di mana semakin tinggi nilai indeks kesamaan jenis menunjukkan semakin tinggi pula tingkat kemiripan jenis antara dua komunitas yang dibandingkan (Odum, 1996). Dapat diartikan pula bahwa semakin tinggi nilai indeks kesamaan jenis, maka komposisi jenis yang berlainan semakin sedikit dan sebaliknya semakin rendah indeks kesamaan jenis, maka komposisi jenis yang berlainan semakin banyak. Untuk menilai tingkat kesamaan komposisi jenis dua komunitas dapat digunakan nilai indeks kesamaan jenis. Tingkat kesamaan komposisi jenis dikatakan tinggi apabila memiliki nilai indeks kesamaan jenis $> 50\%$ dan dikatakan rendah apabila memiliki nilai indeks kesamaan jenis $< 50\%$. Tabel 7 menunjukkan pada pengamatan pertama, kedua dan ketiga antar tiap-tiap penggunaan lahan pada 5 SPL penelitian penggunaan memiliki komposisi jenis yang cukup tinggi, yang ditunjukkan dengan nilai indeks kesamaan jenis rata-rata sebesar 65,40 % pada pengamatan pertama, 66,9% pada pengamatan kedua, dan 64,33% pada pengamatan ketiga. Dengan kata lain antara setiap penggunaan lahan, baik antar penggunaan lahan pada tebu keprasan 2 dan 5 kali, antara penggunaan lahan agroforestri berbasis sengon umur 1, 3, dan 5 tahun, maupun gabungan antar 2 tipe penggunaan lahan yang berbeda memiliki komposisi jenis yang berlainan sebesar 34,60% pada pengamatan pertama, 33,1% pada pengamatan kedua dan 35, 67% pada pengamatan ketiga. Jenis yang berlainan ini ditunjukkan dengan tidak terdapat jenis Ochteridae pada penggunaan lahan tebu keprasan 2 kali, jenis Saturniidae dan Culicidae pada tebu keprasan 5 kali, Carabidae pada sengon umur 1 tahun, Saturniidae pada sengon umur 3 tahun, jenis Saturniidae dan Culicidae pada sengon umur 5 tahun, dimana terdapat pada tipe penggunaan lainnya. Indeks similaritas

makrofauna dalam tanah dianggap sama karena lebih besar dari 50%, hal ini berarti struktur komunitas makrofauna dalam tanah hampir sama dan memiliki daya dukung lingkungan yang cukup tinggi (Purwanti, 2003). Kesamaan jenis yang cukup tinggi ini dapat dijelaskan bahwa jenis-jenis yang dapat tumbuh pada lahan agroforestri sengon umumnya variasi jenisnya hampir sama bila dibandingkan dengan variasi jenis pada monokultur tebu. Nilai indeks kesamaan dapat lebih tinggi lagi apabila pengumpulan makrofauna dilakukan dengan metode hand-sorting sehingga variasi jenis makrofauna tanah yang ditemukan dapat lebih bervariasi lagi.

4.4 Hubungan Populasi Makrofauna Terhadap Beberapa Sifat Tanah

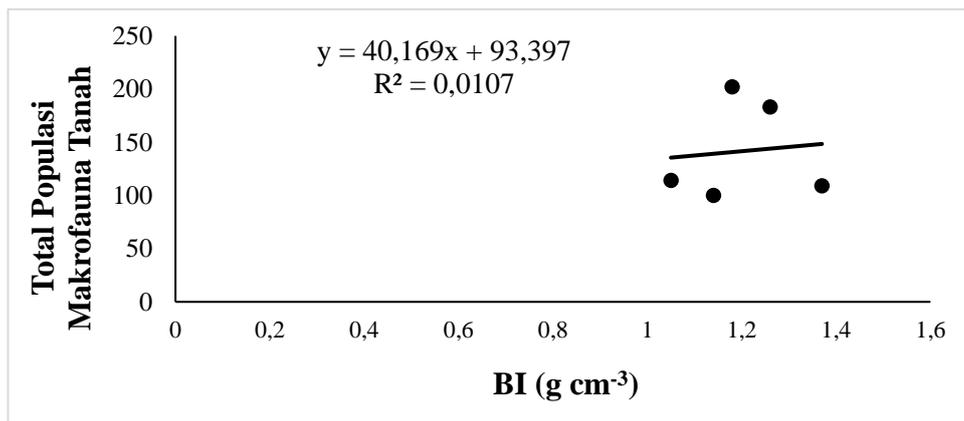
Jumlah populasi makrofauna tanah sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitar. Hal ini sesuai dengan Sugiyarto *et al.*, (2007) yang menyatakan bahwa dinamika populasi makrofauna tanah tergantung pada faktor lingkungan yang mendukungnya, baik berupa sumber makanan, kompetitor, predator maupun keadaan lingkungan fisika-kimianya. Suin (1997) juga menyatakan keberadaan dan kepadatan populasi suatu jenis fauna tanah di suatu daerah ditentukan oleh keadaan daerah tersebut, dan tergantung dari faktor lingkungan, baik lingkungan biotik maupun lingkungan abiotik. Untuk mengetahui bagaimana hubungan antara populasi makrofauna tanah dengan beberapa sifat tanah pada penelitian ini dilakukan dengan analisis regresi linear sederhana. Rencher (2008) menyatakan bahwa analisis regresi linear sederhana dipergunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu buah variabel prediktor terhadap satu buah variabel respon.



Gambar 8. Hubungan %C-organik dengan populasi makofauna tanah

Dari hasil analisis regresi, didapatkan hasil dengan model $y = 239,47x - 151,51$ dengan nilai R^2 sebesar 80 %. Dimana nilai X merupakan %C-organik maksimal yang artinya bahwa setiap kenaikan %C-organik sebesar 1 % akan menaikkan jumlah populasi makrofauna tanah sebesar 239 individu. Dengan nilai R^2 sebesar 90 % , maka dapat dikatakan bahwa populasi makrofauna tanah sangat dipengaruhi oleh nilai % C-organik tanah. Hal ini sejalan dengan Suin (2012) bahwa bahan organik tanah sangat menentukan kelimpahan hewan tanah. Materi organik tanah merupakan sisa-sisa tumbuhan dan hewan organisme tanah, baik yang telah terdekomposisi maupun yang sedang terdekomposisi. Menurut Thomas & Mitchell (1951) hewan tanah sebagai salah satu komponen organisme tanah ikut berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik. Bersama organisme tanah lainnya hewan tanah menguraikan bahan organik menjadi C-organik tanah dan melepaskan hara-hara dalam ikatan kompleks menjadi hara tanah yang tersedia bagi tanaman. Tingkat populasi dan sebaran hewan tanah secara langsung berpengaruh terhadap tingkat kesuburan dan produktivitas tanah. Peranan utama hewan tanah adalah mengoyak, memasukkan, dan melakukan pertukaran secara kimia hasil proses dekomposisi seresah tanaman. Melalui proses mineralisasi materi yang telah mati akan menghasilkan garam-garam mineral yang akan digunakan oleh tumbuh-tumbuhan.

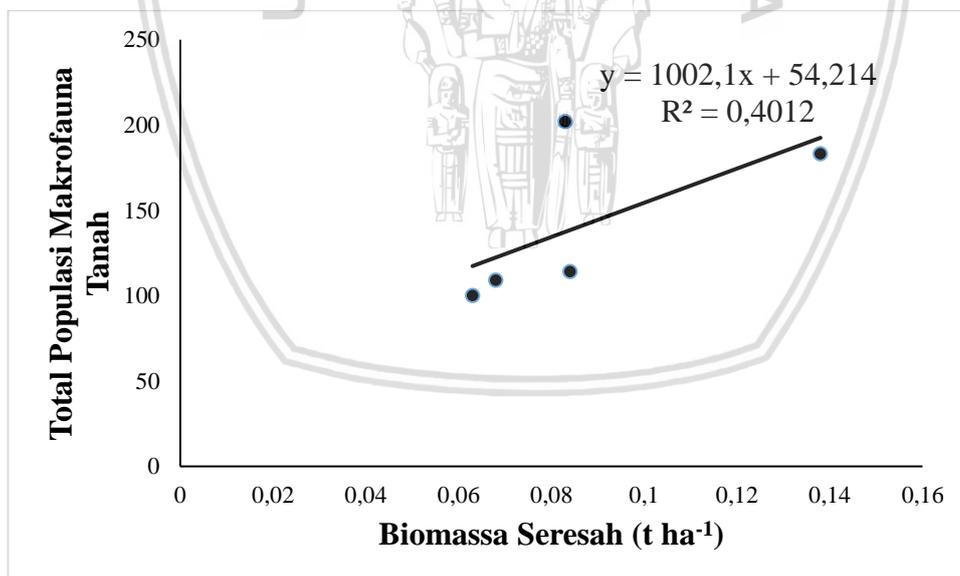
Menurut Suin (2012) bahan organik tanah merupakan sisa-sisa tumbuhan dan hewan organisme tanah, baik yang telah terdekomposisi maupun yang sedang terdekomposisi. Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat-sifat kimia, fisik, maupun biologi tanah. Bahan organik tanah sangat menentukan kelimpahan hewan tanah. Menurut Atmojo (2003) bahan organik merupakan sumber energi bagi hewan tanah selain mikroorganisme tanah. Organisme tanah saling berinteraksi dengan kebutuhannya akan bahan organik, karena bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi.



Gambar 9. Hubungan BI dengan populasi makrofauna tanah

Dari hasil analisis regresi, didapatkan hasil dengan model $y = 40,169x - 293,387$ dengan nilai R^2 sebesar 1 %. Dengan nilai R^2 sebesar 1% maka dapat dikatakan pengaruh BI terhadap populasi makrofauna sangat kecil. Populasi makrofauna sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitarnya, sehingga faktor lingkungan benar-benar harus diperhatikan. Alih guna lahan atau perubahan penggunaan lahan akan berdampak pada keberadaan makrofauna tanah, baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam hal ini, BI diduga merupakan sifat tanah yang mempengaruhi kelimpahan makrofauna secara tidak langsung. Akan tetapi BI berpengaruh langsung terhadap sifat tanah yang lain seperti kandungan% C-organik, porositas dan lain-lain. Widiarto (2008) menyatakan bahwa bahan organik dapat menurunkan BI dan tanah yang memiliki nilai BI kurang dari satu merupakan tanah yang memiliki bahan organik tanah sedang sampai tinggi. Hal ini juga diungkapkan oleh Johndre *et al.*, (2017) bahwa penurunan berat isi tanah disebabkan karena adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah yang berdampak pada peningkatan jasad mikro tanah karena bahan organik merupakan sumber energi bagi jasad mikro. Selain itu disebabkan oleh akar tanaman dengan mikroorganisme tanah membentuk agregat-agregat tanah (agregasi yang dimulai dengan penghancuran bongkah-bongkah tanah pecah menjadi agregat yang lebih kecil, selanjutnya agregat-agregat yang kecil ini diikat oleh bahan sekresi (gel) yang dikeluarkan oleh akar yang mampu mengikat butiran tanah dan juga berfungsi sebagai pemantap tanah. Nilai BI dipengaruhi oleh kandungan bahan organik tanah, semakin tinggi bahan organik tanah, maka semakin rendah nilai BI pada tanah tersebut, begitu juga sebaliknya. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4 yang

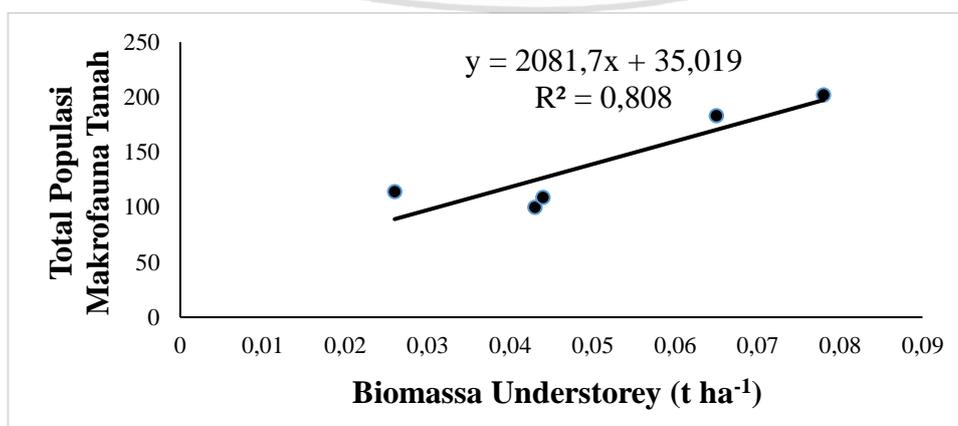
menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai %C-Organik, maka nilai BI akan semakin rendah. Nilai rata-rata %C-organik tertinggi pada lahan agroforestri terdapat penggunaan lahan sengon umur 5 tahun sebesar 1,47 %, diikuti dengan nilai rata-rata BI terendah pada SPL yang sama dengan nilai sebesar 1,18 g cm⁻³, Sementara untuk nilai rata-rata %C-Organik terendah pada lahan sengon terdapat sengon umur 1 tahun sebesar 1,14 %, diikuti dengan nilai rata-rata BI tertinggi pada SPL yang sama dengan nilai rata-rata BI sebesar 1,37 g cm⁻³. Begitu juga dengan interaksi nilai rata-rata BI dengan nilai rata-rata %C-Organik pada lahan monokultur tebu. Hal ini sesuai dengan Herdiansyah (2011) yang menyatakan bahwa pemberian bahan organik kedalam tanah dapat meningkatkan jumlah ruang pori tanah dan membentuk struktur tanah yang remah sehingga akan menurunkan berat isi tanah. Hal ini juga sesuai dengan pernyataan Hanafiah (2007) bahan organik tanah membantu proses granulasi tanah dapat mengakibatkan penurunan berat isi tanah dan mengurangi tingkat pemadatan tanah. Semakin banyak granulasi tanah yang terbentuk, maka ruang pori yang tersedia juga akan semakin banyak. Hal ini dapat dilihat hasil perhitungan nilai rata-rata %C-organik yang disajikan dalam Tabel 4.



Gambar 10. Hubungan biomassa seresah dengan populasi makrofauna tanah

Dari hasil analisis regresi pada grafik, didapatkan hasil dengan nilai R² sebesar 40 %. Populasi dan keberadaan makrofauna tanah dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Keberadaan seresah maupun vegetasi berpengaruh terhadap populasi makrofauna tanah. Hal ini dikarenakan seresah maupun vegetasi menjadi sumber energi bagi makrofauna tanah, bahwa semakin banyak seresah dan vegetasi

maka populasi makrofauna akan meningkat. Seresah merupakan sumber makanan makrofauna tanah dan tempat perlindungan. Suhardjono (1998) melaporkan bahwa jumlah individu fauna tanah berkaitan dengan tebal-tipisnya seresah, semakin tebal seresah maka semakin banyak fauna yang ditemukan. Menurut Wulandari (2009) eksistensi suatu organisme di dalam suatu ekosistem sangat ditentukan oleh interaksinya terhadap faktor-faktor fisika, kimia, dan biologi. Dan lebih diperjelas oleh Makalew (2001), yang menjelaskan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah yaitu, iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi. Nilai R^2 sebesar 40 %, mengindikasikan bahwa sebesar 60 %, populasi makrofauna tanah dipengaruhi oleh variabel lain. Salah satunya diduga oleh faktor pengelolaan lahan dengan pemberian seresah hasil pemangkasan maupun sisa panen pada lahan monokultur tebu, sedangkan pada lahan sengon umur 1 tahun, 3 tahun, dan 5 tahun dilakukan lagi pengelolaan lahan dengan pemberian seresah. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4, yang menunjukkan bahwa seiring meningkatnya jumlah biomassa seresah, maka akan diikuti dengan meningkatnya populasi makrofauna tanah. Akan tetapi, tidak diikuti pada lahan sengon umur 5 tahun. Hal ini karena lahan sengon umur 5 tahun memiliki jumlah populasi makrofauna yang paling tinggi, akan tetapi memiliki jumlah biomassa seresah yang cukup rendah dibanding dengan penggunaan lahan lainnya. Di samping dilakukan penambahan seresah, hal ini dikarenakan kerapatan tajuk, jenis vegetasi pendamping tanaman sengon yang berbeda-beda antar penggunaan lahan agroforestri sengon yang membuat jumlah biomassa seresah sengon umur 5 tahun cukup rendah.



Gambar 11. Hubungan biomassa understorey dengan populasi makrofauna tanah

Dari hasil analisis regresi pada grafik, didapatkan hasil dengan nilai R^2 sebesar 80 %. Maka, dapat dikatakan bahwa nilai ketebalan seresah diduga sangat mempengaruhi jumlah populasi makrofauna tanah. Hal ini ditunjukkan dengan semakin meningkat biomassa understorey, maka akan diikuti dengan kenaikan jumlah populasi makrofauna tanah. Lavelle *et al.*, (1994) dalam penelitiannya menerangkan bahwa sumber makanan merupakan faktor utama yang mempengaruhi diversitas dan kelimpahan komunitas makrofauna tanah. Sugiyarto (2000) juga menyatakan bahwa keberadaan vegetasi bawah dapat memberikan kondisi mikrohabitat lebih baik guna menunjang kehidupan berbagai jenis organisme tanah, termasuk makrofauna tanahnya. Keberadaan vegetasi bawah juga dapat menjadi tolak ukur populasi makrofauna tanah. Menurut Wulandari (2009) eksistensi suatu organisme di dalam suatu ekosistem sangat ditentukan oleh interaksinya terhadap faktor-faktor fisika, kimia, dan biologi. Dan lebih diperjelas oleh Makalew (2001) yang menjelaskan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas organisme tanah yaitu, iklim (curah hujan, suhu), tanah (kemasaman, kelembaban, suhu tanah, hara), dan vegetasi. Di samping itu, Suhardjono (1998) melaporkan bahwa jumlah individu fauna tanah berkaitan dengan tebal-tipisnya seresah, semakin tebal seresah maka semakin banyak fauna yang ditemukan. Fauna tanah berkaitan erat dengan ketersediaan seresah karena hampir semua fauna tanah berperan dalam penguraian seresah. Seresah berfungsi juga sebagai tempat persembunyian bagi fauna tanah (Buckman dan Brady, 1982). Keanekaragaman, kelimpahan dan distribusi suatu fauna tanah dapat digunakan sebagai bioindikator terjadinya perubahan pada suatu habitat (Battigelli *et al.*, 2003).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah :

1. Perubahan penggunaan lahan dari sistem monokultur tebu menjadi sistem agroforestri sengon dapat meningkatkan Bahan Organik Tanah pada masing-masing lahan. Sistem agroforestri berbasis sengon umur 5 tahun memiliki %C-Organik yang terdapat pada tegakan tertinggi yaitu sebesar 1,47% sedangkan %C-Organik terendah terdapat pada lahan sengon umur 1 tahun yaitu sebesar 1,14%. Pada monokultur tebu didapatkan hasil %C-Organik yang terdapat pada penanaman tebu masing-masing sebesar 1,15% untuk tebu keprasan 2 kali dan 1,13% untuk keprasan 5 kali.
2. Perubahan Penggunaan lahan dari sistem monokultur tebu menjadi sistem agroforestri berbasis sengon juga dapat meningkatkan populasi makrofauna tanah. Dimana sistem agroforestri berbasis sengon umur 5 tahun merupakan penggunaan lahan dengan populasi tertinggi, yaitu 202 individu, sedangkan populasi terkecil terdapat pada lahan sengon umur 1 tahun dengan total populasi 109 individu. Pada monokultur tebu didapatkan hasil perhitungan populasi makrofauna tanah masing-masing total sebanyak 114 individu untuk tebu keprasan 2 kali dan total populasi 100 individu untuk tebu keprasan 5 kali. Perubahan penggunaan lahan tersebut juga mempengaruhi sifat tanah lainnya (BI, biomassa seresah dan understorey, dan ketebalan seresah) pada masing-masing lahan.

5.2 Saran

Diperlukan pengamatan dan identifikasi makrofauna tanah lebih lanjut pada musim kemarau, baik di lahan agroforestri sengon maupun pada lahan monokultur tebu sehingga dapat diketahui data (populasi dan keragaman) makrofauna tanah pada setiap musim pada jenis tanah dan lahan yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajami, R., N. Saber, A. El-Brahli, S. Lahlou, & F. Bessam, 2006. Total particulate organic matter and structural stability of a calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage systems in a semiarid area of Morocco. *Soil Tillage Research* 57 (4) pp 225-235
- Arifin, J. 2001. Estimasi Cadangan Karbon Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kecamatan Ngantang, Malang. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. A. Hanafiah WS, Mugiono, dan E.L. Sisworo. Badan Tenaga Nuklir Nasional, Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah (BPT). 2005. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Agro Inovasi. Bogor.
- Barchia, M. F. 2009. *Agroekosistem Tanah Masam*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. p 25-31
- Batigelli, K. 2004. Robert E. Horton's perceptual model of infiltration processes. *Hydrological processes* 18: 3447-3460.
- Butar-butur, T. 2009. Potensi Kontribusi Sektor Kehutanan Terhadap Ketahanan Pangan Nasional Melalui Pembangunan Agroforestry. *Jurnal analisis kebijakan Kehutanan*, 6 (3): 169-179.
- Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice nutrient disorders and nutrient management. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and IRRI. p. 237
- Fisher, R.F and D. Binkley. 2000. . John Willey & Sons, Inc.
- Galdos, M.V., C.C. Cerri, C.E.P. Cerri, 2009. Soil carbon stocks under buned and unburned sugarcane in Brazil. *Geoderma* 153: 347-352.
- Garside, C.J. and C.W. Mimms, 1997. *Introductory Mycology*. John Wiley & Sons, New York.
- Ghayal, N., Pravin taware, and Kondiram Dhumal. 2011. Influence of sugarcane monokultur on rhizosphere Microflora, soil enzymes and npk status. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*. 2 : 1-15.
- Senoaji, G. 2011. Perilaku Masyarakat Baduy dalam Mengelola Hutan, Lahan, dan Lingkungan di Banten Selatan. *Humaniora, Jurnal Budaya, Sastra dan Bahasa*, 23(1). 14-25.
- Hairiah, K.; D. Suprayogo.; Wiianto.; Berlian.; E. Erwin Suhara.; A. Mardiasuning.; R. Widodo.; C. Prayogo.; dan S. Rahayu. 2002. Alih guna lahan hutan menjadi lahan agroforestri berbasis kopi : ketebalan seresah, populasi cacing tanah dan makropositas tanah. World Agroforestry Centre, ICRAF S.E. Asia.

- Hairiah, K.; Widiyanto; S.R. Utami.; D. Suprayogo.; S.M. Sitompul.; Sunaryo; B. Lusiana.; R. Mulia.; M. Van Noordwijk. dan G. Cadisch. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. ISBN. 979-95537-7-6. ICRAFBogor. p 187
- Hairiah, K. dan S.M. Sitompul. 2000. Assesment and simulation of aboveground and belowground Carbon dynamics. APN/IC-SEA, Bogor.
- Hairiah, K., S.M. Sitompul., M. Van Noordwijk, dan C. Palm. 2001. *Methods for Sampling Carbon Stocks Above and Below Ground*. International Centre for Research in Agroforestry. Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor.
- Hairiah, K. dan A. Rahayu. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan Di Berbagai Macam Penggunaan Lahan. World Agroforestry Centre. Bogor.
- Hakim, N., M. Yusuf., A.M. Lubis., S.G. Nugroho., M. Amin., B.G. Hong., dan H.H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung Press. Lampung. p 22-23
- Hanafiah, K.A. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Jakarta: Raja Grafindo Persada. p 25
- Handayanto, E. 1999. Komponen biologi tanah sebagai bioindikator kesehatan dan produktivitas tanah. Universitas Brawijaya. Malang
- Hidayat, J., 2002. Informasi Singkat Benih *Paraserianthes Falcataria* (L) Nielsen. No 23, Juni 2002. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan : Jakarta.
- Johandre, A.S, Y. Nuraini., dan Widiyanto. 2017. Kajian Porositas Tanah pada Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik di Perkebunan Kopi Robusta. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 4 (1) : 463-471.
- Kanisius. 1991. Kunci Determinan Serangga. Penerbit Kanisius. DI Yogyakarta. p 189-198.
- Kent, M. & C. Paddy. 1992. *Vegetation description and analysis a practical approach*. London: Belhaven Press. p 23
- Kerlinger, F.N, 1990. Basic of behavioral research (Azas-azas Penelitian Behavioral, Terjemahan: L.R Simatupang). Gajah Mada Universitas Press. Yogyakarta. p 54
- Kiani, M.M., S.J. Traina., B.R Steiner. & S.E. Peters. 2003. Organic and conventional management effects on biologically active soil organic matter pools. Soil Science Society of America Journal 58 (4) pp. 1130-1139.
- Kumar, B. Mohan, S.J. George, V. Jamaludheen, T.K. uresh. 1998. Comparison of biomass, tree allometry and nutrient use efficiency of multipurpose trees grown in woodlot and silvopastural experiments in Kerala, India. Forest Ecology and Management. 112: 145-163.

- Lavelle, P., M. Dangerfield., C. Fragoso., V. Eschenbrenner., D. Lopez-Hernandez., P. Pashanasi., and L. Brussard. 1994. "The Relations between soil macrofauna and Tropical Soil Fertility. *In*: Woomer, P.L and M.J. Swift (ed). *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. John Wiley and Sons. Chichester.
- Loganandhan. N, B. Gujja, V. Vinad Goud, dan U. S. Natarajan. 2012. Sustainable Sugarcane Initiative (SSI): A Methodology of More Mith Less. Sugar Tech.
- Long, J., J. Li., J. Wang. 2006. Effects of land use and management on soil fertility in the middle karst region of Guizhou Province. *Chin. J. Soil Sci.* 37, 249–252.
- Magurran AE. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. London(ID): Croom Helm Ltd.
- Makalew, A. D. N. 2001. "Keanekaragaman Biota Tanah Pada Agroekosistem Tanpa Olah Tanah (TOT)". *Makalah Falsafah sains program pasca sarjana /S3*. Bogor:IPB.
- Maranon, M., M. Soriano, G. Delgado and R. Delgado. 2002. Soil Euquality in Mediteranian Mountain Environrnents: Effect of Land Use Change. *Soil Science Society American Jomal.* 66:94t-958.
- Mayrowani, H., dan Ashari. 2011. Optimalisasi Pemanfaatan Sumberdaya Pertanian pada Ekosistem Lahan Kering. Laporan Hasil Penelitian. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Mindawati, N., A. Indrawan, I. Mansur, O. Rusdiana. 2010 Analisis sifat-sifat tanah di bawah tegakan *Eucalyptus urograndis*. Pusat Litbang Hutan Tanaman. 3 (1): 13-22
- Notohadiprawiro, T. 1989. *Dampak Pembangunan Pada Tanah, Lahan dan Tata Guna Lahan*, PSL. UGM. Yogyakarta.
- Odum, E.P. 1971. *Dasar – dasar Ekologi* (diterjemahkanTjahjono, S. Dan Srigandono, B) Yogyakarta: Penerbit Universitas Gajah Mada. p 31
- Odum, E.P. (1996). *Dasar-dasar ekologi* (T. Samingan, Terjemahan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press. p 54
- Odum, E. P. 1998. *Dasar – Dasar Ekologi*. Edisi Ketiga. Terjemahan Tjahjono Samingan. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. p 67
- Pankhrust CE. 1994. Biological Indicators of Soil Health and Sustainable Productivity. *In So/7 Resiliense and Sustainable Land Use*. DJ Greenland and I Szabolcs (eds). CAB International.Oxon.
- Pearce JL, L.A. Venier. 2006. The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: A review. *Ecological Indicators* 6:780–793.

- Perhutani. 2002a. Petunjuk Pelaksanaan Pengelolaan Sumberdaya Hutan bersama Masyarakat di Unit I Jawa Tengah Semarang : Biro Pembinaan Sumberdaya Hutan.
- Primack BR, J Supriatna , M Indrawan , P Kramadibrata . 1998. *Biologi Konservasi*. Jakarta (ID): Yayasan Obor Indonesia.
- Purwanti. 2003. Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Jenis dan Kombinasi Tanaman Sela di Bawah Tegakan Sengon (*Paraserianthes falcataria*) (L.) Nielson) di Resort Polisi Hutan (RPH) Jatirejo Kediri Jawa Timur. Jurusan Biologi FMIPA UNS. Surakarta.
- Putra, Muhammad. 2012. *Makrofauna Tanah Pada Ultisol Di Bawah Tegakan Berbagai Umur Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq.)* Jurnal Penelitian UNRI: Riau.
- Rencher, C.A and G.B. Schaalje. (2008). *Linear Models in Statistics*, 2nd ed. Hoboken : Wiley
- Schowalter TD. 2011. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. 3 edition. Oxford: Elsevier.
- Seybold, C.A., M.J. Mausbach., D.L Karlen. & H.H. Rogers. 1997. Quantification of soil quality. pp. 387-404. In. R. Lal (ed.) *Soil Processes and the Carbon Cycle*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Siregar Iskandar Z, Tedi Yunanto dan Juwita Ratnasari. 2010. *Kayu Sengon*. Jakarta : Penabar Swadya.
- Shukla, M. K., R. Lal. and M. Ebinger. 2006. Determining Soil Quality Indicators by Factor Analysis. *Soil Till. Res.*, 87: 194-204.
- Sisworo, W.H. 2006. Swasembada pangan dan pertanian berkelanjutan tantangan abad dua satu: Pendekatan ilmu tanah, tanaman dan pemanfaatan iptek nuklir.
- Soerianegara, I. & A. Indrawan. (1982). *Ekologi hutan Indonesia*. Bogor: Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.
- Sugito, Y., Y. Nuraini. dan E. Nihayati. 1995. *Sistem Pertanian Organik*. Faperta Unibraw. Malang.
- Sugiyarto. 2000. "Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Umur Tegakan Sengon di RPH Jatirejo, Kabupaten Kediri". *Biodiversitas* 1 (2) : 47 – 53.
- Suhardjono, Y.R. dan Adisoemarto. 1997. *Arthropoda Tanah : Artinya Bagi Tanah*. Makalah pada Kongres dan Simposium Entomologi V. Bandung.
- Suntoro, 2001. Pengaruh Residu Penggunaan Bahan Organik, Dolomit dan KCl pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaeae*. L.) pada Oxic Dystrudept di Jumapolo, Karanganyar, *Habitat*, 12(3) 170-177.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius. Yogyakarta

- Sutanto, Rachman. 2005. Dasar-dasar ilmu tanah. PT Kanisius. DI Yogyakarta. p 55-60.
- Tisdale, S.L., and W.L Nelson. (1975) *Soil Fertility and Fertilizers*. Third Edition. Mac Millan Pub. Co. Inc. New York.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, and J.L. Halvlin. 1993. Soil fertility and fertilizers. Fifth Edition. Macmillan Pub. Co. New York, Canada, Toronto, Singapore, Sidney. p 462-607.
- Widianto. 1994. Evaluasi Lahan. Fakultas Pertanian Unibraw. Malang. p 207.
- Widianto, Hairiah, Suharjito, Sardjono. 2003. *Fungsi dan Peran Agroforestri*. World Agroforestry Centre (Icraf). Bogor.
- Widianto, Suprayogo, Purnomosidi, Widodo, Rusiana, Aini, Khasanah, Kusuma. 2004. Degradasi Sifat Fisik Tanah Sebagai Akibat Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Sistem Kopi Monokultur: *Kajian Perubahan Makroporositas Tanah*.
- Widianto; D. Suprayogo.; H. Noveras.; R.H. Widodo.; P. Purnomosidhi. dan M. Van Noordwijk. 2009. Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian : Apakah fungsi hidrologis hutan dapat digantikan sistem kopi monokultur ? *Agrivita* 26 (1): 47-52.
- Widiarto, 2008. Pengantar Ilmu Tanah. PT. Rineka Cipta Jakarta. p 65
- Yusrial.,S., Notohadisuarno dan S. Wisnubroto. 2004. Infiltrasi, Sifat Fisik Tanah dan Erosi pada Berbagai Lereng Tangkapan Mikro Sub Das Kali Babon Kabupaten Semarang. *Journal Agrosain*. 17 (3)
- Zaini, Z., W.S. Diah. dan M. Syam. 2004. Petunjuk Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah. Meningkatkan Hasil dan Pendapatan, Menjaga Kelestarian Lingkungan. BPTP Sumatera Utara, BPTP Nusa Tenggara Barat, Balai Penelitian Tanaman Padi, dan IRRI. p 57