



**LAJU DEKOMPOSISI BAHAN ORGANIK TANAMAN PIONIR
Parasponia andersonii dan *Trema Orientalis* DILERENG GUNUNG KELUD**

Oleh:

IQBAL RAMADHAN K



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS PERTANIAN

JURUSAN TANAH

MALANG

2017

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi saya ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi 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 dengan ditunjukkan rujukan dalam naskah ini disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, 5 Agustus 2017

Iqbal Ramadhan Kiswara





LEMBAR PERSETUJUAN

Judul penelitian : Laju Dekomposisi Bahan Organik Tanaman Pionir
Parasponia andersonii dan *Trema orientalis* di Lereng
Gunung Kelud

Nama Mahasiswa : Iqbal Ramadhan K

NIM : 125040200111135

Jurusan : Ilmu Tanah

Program Studi : Agroekoteknologi

Menyetujui : Dosen Pembimbing

Disetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Kedua

Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D.

Syahrul Kurniawan, SP.MP.Ph.D

NIP. 19560410.198303.2.001

NIP. 19791018.200511.0.02

Diketahui,
Ketua Jurusan

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU

NIP. 19540501.198103.1.006

Tanggal Persetujuan

RINGKASAN

Iqbal Ramadhan K. 125040200111135. Laju Dekomposisi Bahan Organik Tanaman Pionir *Parasponia andersonii* dan *Trema orientalis* di Lereng Gunung Kelud. Dibimbing oleh Kurniatun Hairiah dan Syahrul Kurniawan

Gunung berapi Kelud (Kabupaten Kediri Jawa Timur) mengalami erupsi yang kedua kalinya pada tanggal 14 Februari 2014, mengeluarkan banyak material vulkanik umumnya berupa lava, batuan piroklastik, tepra, dan lahar. Dalam jangka waktu pendek kejadian tersebut merugikan petani di sekitarnya karena menyebabkan pemadatan di permukaan tanah, kekeringan dan miskin unsur hara terutama unsur N dan C. Guna memulihkan kembali kesuburan tanah akibat erupsi gunung Kelud tersebut, petani menambahkan bahan organik (BO) berupa sisa panen, kotoran hewan dan pupuk urea. Salah satu BO yang tersedia daerah erupsi Kelud adalah tanaman pionir yaitu *Parasponia andersonii* yang masih satu famili dengan tanaman angrung (*Trema orientalis*). *Parasponia* banyak tumbuh di lereng atas yang miskin maupun di aliran lahar. Namun demikian studi laju dekomposisi dari kedua jenis BO tersebut masih belum banyak diketahui. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari laju dekomposisi BO dari tanaman pionir *Parasponia andersonii* dan *Trema orientalis* di berbagai kelas tutupan lahan yang terkena dampak abu vulkan Gunung Kelud.

Penelitian dilakukan di Dusun Kutut, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur pada bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2016. Ada 4 macam BO yang di uji: *Parasponia andersonii*, *Trema orientalis*, dibanding dengan Kakao (*Theobroma cacao*) dan Sengon (*Paraserianthes falcataria*). Kualitas BO dipilih berdasarkan kadar C total, N total, polifenol, dan lignin. Pengamatan di lapang berdasarkan teknik dari TSBF menggunakan *litterbag* (kantong kasa) berukuran 25x25 cm². Jumlah BO yang dimasukan kedalam *litterbag* berdasarkan kadar N masing-masing BO. *Litterbag* diletakan dalam berbagai tingkat tutupan lahan: (a) Rapat, di lahan hutan produksi; (b) Agak rapat, dilahan semak, (c) Agak terbuka, lahan Agroforestri kopi, (d) Terbuka, dilahan budidaya semusim. Pengukuran BO yang tertinggal dalam *litterbag* dilakukan pada waktu 1,2,4,8, dan 12 minggu setelah aplikasi (MSA) maka dapat dihitung BO yang hilang.

Hasil studi menunjukkan bahwa dalam 12 MSA belum ada satupun dari BO yang diuji kehilangan berat mencapai 50%, kecuali BO *Parasponia* dan *Trema* di lahan tutupan rapat (hutan), dan BO *Parasponia* di lahan tutupan agak rapat (semak belukar). Berdasarkan besarnya BO yang hilang selam percobaan, terdapat 2 kelompok: (a) Laju dekomposisi tinggi adalah BO *Parasponia* dan *Trema* dengan rata-rata kehilangan berat 159 mg/minggu; (b) Laju dekomposisi rendah dengan rata-rata kehilangan berat 90 mg/minggu. Secara kuantitatif, laju dekomposisi BO ditunjukan dari nilai k atau umur paruh waktunya ($1/k$). Laju dekomposisi tertinggi terdapat pada tutupan lahan tertutup (Hutan produksi dan semak), kemudian diikuti oleh lahan terbuka di budidaya dan paling lambat di lahan agak terbuka di AF kopi. Laju dekomposisi di lahan hutan sama dengan lahan semak, umur paruh waktu BO *parasponia* dan *Trema* rata-rata 20 minggu,



sedangkan BO kakao dan sengon lebih panjang rata-rata 50 minggu. Pada tutupan lahan terbuka dilahan budidaya, umur paruh waktu BO *Parasponia* dan *Trema* rata-rata 48 minggu dan 24 minggu; sedangkan BO sengon dan kakao sama dengan di kondisi tutupan tertutup rata-rata 50 minggu. Namun demikian pada kondisi lahan agak tertutup di AF kopi, umur paruh waktu BO *Parasponia* dan *Trema* rata-rata 30 minggu dan 34 minggu; sedangkan BO sengon dan kakao rata-rata 77 minggu dan 53 minggu. Perbedaan laju dekomposisi dari berbagai BO dan mungkin akan berpengaruh terhadap mineralisasi N dan ketersediaan N di tanah lapisan atas. Laju dekomposisi BO yang rendah di lereng Gunung Kelud bermanfaat sebagai penutup tanah untuk mengurangi evaporasi berlebihan di musim kemarau dan menekan limpasan permukaan dan erosi di musim penghujan.

SUMMARY

Iqbal Ramadhan K. 125040200111135. Decomposition Rate of Organic Materials of Pioneer Plant of *Parasponia andersonii* and *Trema orientalis* on Slope of Mount Kelud. Supervised by Kurniatun Hairiah and Syahrul Kurniawan.

The second eruption of Mount Kelud (Kediri-East Java) occurred on February 14, 2014, releasing a lot of volcanic material generally as rock, tephra, and lava and pyroclastic. In the short term, it is detrimental to the farmers around it because it causes soil compaction, drought and poor nutrients especially for N and C. In order to restore the soil fertility problem, farmers add organic material (OM) in the form of crop residues, manure and urea. One of the OM source available around the area is from the pioneer plant of *Parasponia andersonii* which is a family with *Trema orientalis*. *Parasponia* grows on the upper slopes of the poor soil as well as in the lava flows. However, the study of decomposition rate of both types of OM is still not widely known. The purpose of this study is to evaluate the decomposition rate of OM from pioneer plants *Parasponia* and *Trema* in various types of land cover in the area affected by volcanic as Mount Kelud.

The research was conducted in Kutut Hamlet, Ngantang District, Malang Regency, East Java from May to July 2016. There are 4 types of OM tested: *Parasponia andersonii*, *Trema orientalis*, compared to cocoa (*Theobroma cacao*) and sengo (*Paraserianthes falcataria*). The quality of OM is selected based on its content of C, N, polyphenol and lignin. Field observations done based on techniques from TSBF using a 25x25 cm² litter bag. The amount of OM inserted into the litter bag is based on its N content of each OM. Litter bags subsequently are placed in various levels of canopy cover: (a) Close canopy, in production forest land; (b) Rather close, in bushland, (c) Slightly open canopy, in Coffee Agroforestry (AF) and (d) Open canopy, in annual crop land. The measurements of remaining OM in the litter bag were performed at 1, 2, 4, 8, and 12 weeks after application (MSA).

The results of the study indicate that within 12 MSA none of the OM tested lost 50% of their weight, except for *Parasponia* and *Trema* in closed canopy forest areas, and *Parasponia* on slightly closed land (bush fallow). Based on the magnitude of lost of OM during the experiment, there are 2 groups: (a) The high decomposition rate is *Parasponia* and *Trema* with an average weight loss of 159 mg / week; (b) A low decomposition rate with an average weight loss of 90 mg/week. Quantitatively, the decomposition rate of OM is indicated by the *k* value or its half life (*1/k*). The highest decomposition rate is occurred in closed canopy land (Production forest and bush), followed by open land in vegetable cultivation and the slowest at open field in AF coffee. The rate of decomposition in forested land is similar to that of bush, *Parasponia* and *Trema*'s half-life averages 20 weeks, while cocoa and sengo are longer at 50 weeks on average. In open cover on cultivated land, *Parasponia* and *Trema*'s half-life averages 48 weeks and 24 weeks; Whereas sengo and cocoa are similar to those in closed cover conditions averaging 50 weeks. Nevertheless, on the slightly closed canopy of AF-coffee, *Parasponia* and *Trema*'s half-life averages 30 weeks and 34 weeks; while sengo and cocoa with an average of 77 weeks and 53 weeks. Differences



in decomposition rates of various types of OM and land canopy cover may affect N mineralization rate and N availability in topsoil. The low decomposition rate of OM on the slopes of Mount Kelud is useful as a ground cover to reduce excessive evaporation in the dry season and suppress surface run off and erosion in the rainy season.



KATA PENGANTAR

Puji syukur panjatkan kehadiran Allah SWT yang dengan rahmat dan hidayah-Nya telah menuntun penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “LAJU DEKOMPOSISI BAHAN ORGANIK TANAMAN PIONIR *Parasponia andersonii* dan *Trema orientalis* DI LERENG GUNUNG KELUD”.

Pada Kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya, kepada Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D. dan Syahrul Kurniawan, SP.MP.Ph.D selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan dan bimbingannya kepada penulis. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada Dekan Fakultas Pertanian dan Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya yang telah memberikan persetujuan penelitian BOPTN sehingga dananya mendukung kegiatan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada seluruh Tim Kelud (Riski, Ibnu, Firda), beserta teman-teman MSDL 12, sahabat (Aminah) dan adik umi yang telah mendukung penulis selama penelitian.

Penghargaan yang tulus penulis berikan kepada kedua orang tua atas doa, cinta, dan kasih sayang, pengertian dan dukungan kepada penulis. Juga kepada rekan-rekan MSDL 2012 atas dukungan dan bantuan selama ini.

Penulis berharap semoga hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan memberikan sumbangan pemikiran dalam kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, 5 Agustus 2017

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 10 Februari di kota Surabaya, Jawa Timur. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara pasangan Bapak Drs. Edy Soewarno, MP.d dan Meniek Sukistiani, ST. Penulis memulai pendidikan formal di TK Al-Ikhlash (1999-2000), kemudian melanjutkan pendidikan ke SDN Sidoklumpuk 1 (2000-2006), selanjutnya menempuh pendidikan sekolah menengah pertama di SMPN 6 Sidoarjo (2006-2009), selanjutnya menempuh sekolah menengah pertama di SMA Muhammadiyah 2 Sidoarjo (2009-2012). Pada tahun 2012, penulis di terima di Program studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya melalui jalur SNMPTN tulis.

Selama masa studi di kampus, penulis sering mengikuti organisasi Forum Studi Insan Kamil di divisi PSDM dan kepanitiaan yang diselenggarakan di dalam maupun di luar Universitas Brawijaya. Tahun 2012-2013, penulis pernah menjadi anggota keamanan dalam kegiatan pasca Rantai III. Kemudian pada Tahun 2013-2014, penulis mengikuti kepanitiaan inti Rantai IV. Selanjutnya tahun 2015-2016, penulis aktif di kepanitiaan GATRAKSI di divisi transkoper.

Selain pengalaman tersebut, penulis juga memiliki pengalaman magang kerja pada tahun 2015 di Balai Penelitian Aneka Kacang dan Umbi-Umbian (BALITKABI) Kendal payak, Kabupaten Malang yang merupakan salah satu balai penititan yang berkonsentarsi di aneka tanaman umbi-umbian dan legum di bawah kementerian Pertanian.



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 <i>Parasponia andersonii</i>	6
2.2 Tanaman Anggrung (<i>Trema orientalis</i>).....	7
2.3 Bahan Organik Tanah.....	8
2.4 Kualitas Bahan Organik.....	8
2.5 Dekomposisi Seresah.....	9
2.6 Pengaruh lingkungan (Suhu Tanah) terhadap dekomposisi bahan organik.....	10
III. BAHAN DAN METODE.....	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	12
3.3 Rancangan Percobaan.....	13
3.4 Langkah-langkah kegiatan.....	14
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.6 Analisis Data.....	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1 Hasil.....	21
4.2 Pembahasan.....	28
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	32
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA.....	33



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1	Alur Pikir.....	4
2	Tanaman <i>Parasponia</i>	5
3	Tanaman <i>Trema orientalis</i>	7
4	Peta penelitian.....	11
5	Alat dan bahan.....	12
6	Sebaran litter bag di lapangan secara acak.....	16
7	Pengukuran suhu di tanah selama percobaan.....	18
8	Grafik seresh hilang (g/minggu).....	22
9	Nisbah kualitas jenis BO awal dan pada 12 MSA.....	25
10	Suhu tanah.....	27
11	Grafik hubungan kualitas BO dengan berat kering seresh hilang.....	29



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Variabel yang digunakan, methoda dan waktu pengukuran.....	14
2	Dosis bahan organik per litter bag.....	15
3	Komposisi kimia BO yang digunakan dalam percobaan.....	20
4	Konstanta laju dekomposisi bahan organik.....	23
5	Karakteristik kimia BO setelah aplikasi 12 minggu.....	25



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Perhitungan dosis bahan organik.....	35
2	Berat kering seresah hilang(mg/minggu).....	36
3	Karakteristik kimia bahan organik pada 12 MSA.....	37
4	Korelasi laju dekomposisi dengan beberapaparameter.....	38
5	Kegiatan lapang.....	40
6	Analisa ragam N –total.....	40
7	Analisa ragam C-organik.....	40
8	Analisa ragam Polifenol.....	40
9	Analisa ragam Lignin.....	40
10	Analisa ragam C/N tanaman.....	41
11	Analisa ragam L/N.....	41
12	Analisa ragam (L+P)/N.....	41

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gunung Kelud merupakan salah satu gunung berapi yang terletak di wilayah Kabupaten Kediri, Jawa Timur dan terakhir kali mengalami erupsi pada tanggal 14 Februari 2014. Aktivitas erupsi Gunung Kelud mengeluarkan banyak bahan material dan abu vulkanik. Menurut Del Mora dan Grissin (1998), material yang dikeluarkan oleh gunung api pada umumnya adalah lava, batuan piroklastik, tepra, dan lahar. Lahar adalah material yang terbawa oleh air, dan sering disebut lahar dingin. Material yang terbawa adalah campuran batuan, lumpur, pasir, debu yang terangkut oleh air dari bahan letusan di puncak gunung kemudian turun kebawah yang menutupi permukaan tanah sehingga akan merubah struktur dan tekstur lapisan atas tanah. Kondisi tersebut menimbulkan masalah terutama bagi tanah-tanah pertanian saat ini, tetapi hal tersebut memberikan keuntungan tambahan pada sektor yang lain misalnya dalam sektor teknik sipil.

Di bagian lembah lereng timur laut gunung Kelud terdapat jalur aliran lahar di Desa Pandansari, Kecamatan Ngantang yang didominasi oleh bahan material berupa pasir. Sifat-sifat fisik tanah yang didominasi oleh partikel pasir antara lain kandungan pasirnya lebih dari 70%, tekstur kasar, berstruktur lepas dan mudah tererosi, pori mikro rendah (kurang dari 40%), sebagian besar ruang pori berukuran besar sehingga aerasinya baik, pengeringannya sangat cepat, dan luas permukaan tanahnya rendah (Islami dan Utomo, 1995; Kertonegoro, 1993). Kandungan bahan organik tanah juga rendah, sehingga kurang optimal untuk perkembangan mikroorganisme tanah. Suriadikarta *et al.* (2010) melaporkan bahwa setelah erupsi gunung Merapi terjadi perubahan pH tanah antara 4,8-5,9. Selain itu Achmad dan Hadi (2015), melaporkan hasil analisis kimia tanah pasca erupsi gunung Kelud pada lokasi 10 km dari puncak gunung, diperoleh kadar N 0,24 %, dan kadar C berkisar 1,80 % dengan nisbah C/N=7,5. Perubahan fisik dan kimia tanah pascaerupsi dalam waktu singkat menurunkan kualitas tanah dan produksi pertanian. Berdasarkan hasil pengamatan profil tanah pada satu tahun pasca erupsi, ternyata masih belum ada perubahan karakteristik profil tanah (Sudarto *et al.*, 2015) diberbagai toposequen gunung Kelud. Perbedaan yang ada



hanya terjadi pada ketebalan lapisan abu vulkan di lereng atas terdapat lapisan abu vulkan paling tebal daripada lereng tengah dan bawah. Semakin jauh dari pusat erupsi jenis material yang didapat juga semakin halus. Perbedaan ketebalan dan jenis material tersebut menyebabkan perbedaan kondisi fisik tanah (Widiyanto *et al.*, 2015). Fraksi pasir lebih mendominasi tekstur tanah di daerah tersebut berkisar antara 68%-88% sehingga total pori tanah cukup tinggi, rata-rata 67%. Kondisi fisik dilapisan permukaan pada saat satu tahun setelah erupsi dimana petani belum banyak melakukan pengolahan tanah dilahannya, menunjukkan adanya pemadatan tanah (Wartha, 2014) sehingga infiltrasi tanah menurun (Apriliyanti, 2014).

Salah satu cara untuk memperbaiki kesuburan tanah akibat erupsi gunung Kelud tersebut adalah dengan menambahkan bahan organik baik berupa sisa panen, kotoran hewan maupun pangkasan biomasa tanaman pionier yang tumbuh disekitarnya. Kondisi di lapangan menunjukkan bahwa kebanyakan petani melakukan kombinasi teknik reklamasi secara fisik (pengolahan tanah) dan biologi (menambah kompos atau kotoran hewan). Namun, pupuk kandang yang diberikan sebagian besar didatangkan dari daerah lain. Kondisi ini berdampak pada peningkatan biaya produksi petani dan berpotensi untuk menurunkan pendapatan petani. Untuk itu, perlu dicari alternatif pengelolaan yang lain dengan memanfaatkan bahan organik yang ada di sekitar.

Bahan organik (BO) yang masuk kedalam tanah akan terdekomposisi menghasilkan beberapa senyawa kimia antara lain CO_2 , NH_4 , NO_3 , H_2PO_4 , SO_4^{2-} , H_2O dan beberapa senyawa lainnya. Menurut Tian *et al.* (1992), kecepatan dekomposisi dan mineralisasi hara sangat ditentukan selain oleh faktor lingkungan juga ditentukan oleh faktor internal yaitu kualitas bahan organik itu sendiri, seperti kandungan nitrogen, lignin, polifenol. Menurut Palm dan Sanchez (1991), BO dikategorikan berkualitas tinggi apabila memiliki nisbah C/N <25, kandungan lignin <15% dan polyphenol <3%, sehingga cepat terdekomposisi. Bahan organik yang cepat terdekomposisi merupakan sumber nutrisi bagi tanaman, sedangkan yang lambat terdekomposisi berfungsi untuk menutup tanah (Hairiah *et al.*, 2000).

Ketersediaan BO di lapangan banyak macamnya dan bervariasi pula kualitas dan laju dekomposisinya. Salah satu potensi BO yang tersedia di sekitar



daerah erupsi Kelud adalah dari tanaman pionir yaitu *Parasponia andersonii* yang masih satu famili dengan tanaman anggrung (*Trema orientalis*) yang juga banyak tumbuh didaerah tersebut. Ada perbedaan prinsip yang membedakan kedua tanaman non-legume tersebut bahwa *Parasponia andersonii* (anggrung hijau) membentuk bintil akar dan batangnya berwarna hijau, sedangkan tanaman Anggrung (Anggrung merah) tidak mampu membentuk bintil akar dan batangnya berwarna kemerahan. *Parasponia* sangat bermanfaat untuk menambah N kedalam tanah selain mineralisasi daun gugur, juga ada tambahan N yang difiksasi langsung dari udara (Opden Camp *et al.*, 2012; Becking, 1979). Namun demikian masih belum ada penelitian yang melaporkan tentang laju dekomposisi kedua jenis tanaman anggrung termasuk evaluasi manfaatnya bagi perbaikan tanah termasuk evaluasi manfaatnya bagi perbaikan tanah sehingga penelitian ini perlu dilakukan.



1.5 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi potensi tanaman *Parasponia andersonii* dan *Trema orientalis* untuk memperbaiki kesuburan tanah pada lahan-lahan pertanian yang terkena dampak erupsi gunung Kelud.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Parasponia andersonii*

Parasponia adalah tanaman dari genus non-legum pertama yang terbukti membentuk bintil akar yang disebabkan oleh *Rhizobia*. *Parasponia* dapat tumbuh dengan cepat pada lahan yang belum terjamah (dibudidayakan) dan mungkin berperan penting dalam kesuburan tanah (Gambar 2). Tanaman ini juga dapat berguna untuk proses penghijauan pada daerah tropis (Broughton, 1983).



Gambar 2. Tanaman *Parasponia andersonii* (sumber: A.C Smith, 1953)

Nodul *Parasponia* sangat berbeda dengan nodul legume dalam berbagai hal. Terutama *Rhizobium* terdapat dalam benang infeksi yang bercabang dalam sel inang (Trinick dan Galbraith, 1976 dalam Broughton, 1983). Hanya beberapa bakteri yang dilepaskan dari benang infeksi dan dibedakan menjadi bakteroid.

Sedangkan pada nodul legum, sebagian besar bakteri diubah menjadi bakteroid.

Tetapi, pada nodul *Parasponia* kekurangan hemoglobin. Yang mana pigmen tersebut selalu ada dalam nodul legum dan banyak berfungsi dalam transportasi oksigen ke bakteroid. Dari pengamatan pada nodul *Parasponia* ini jelas

menunjukkan bahwa pembentukan bakteroid dan leghemoglobin ditentukan oleh inang dan tidak dapat dinyatakan sebagai syarat wajib dari sebuah simbiosis antara rhizobium dengan tanaman yang efektif (Conventry *et al.*, 1976 dalam Broughton, 1981).

2.2 Tanaman Anggrung (*Trema orientalis*)

Tanaman anggrung dapat tumbuh hingga mencapai 18 meter. Tanaman anggrung memiliki percabangan yang banyak dan berbentuk bulat menyebar. Tanaman anggrung memiliki sistem perakaran yang luas sehingga memungkinkan untuk bertahan hidup lama dari kekeringan. Daun tanaman anggrung memiliki panjang kurang lebih 14 cm, serta memiliki ketebalan yang cukup tipis. Bentuk permukaan daun cukup kasar dan berwarna agak kusam. Tanaman anggrung berbunga pada bulan Februari hingga April.

Karakteristik lain dari tanaman anggrung ini adalah bunga berkelamin tunggal. Pada umumnya buah tanaman anggrung matang pada bulan Desember hingga bulan Mei dan berbuah serentak pada suatu wilayah. Tanaman anggrung sering kali ditemukan pada daerah tropis yang lembab, dan berada pada ketinggian 0-2500 mdpl dengan curah hujan tahunan sekitar 1000-2000 mm. Tanaman anggrung dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, mulai dari jenis tanah yang liat berat hingga berpasir. Tanaman anggrung toleran pada tanah yang memiliki salinitas yang tinggi (Orwa et al., 2009)



Gambar 3. Daun *Trema orientalis* (Sumber: Ellis, 1996)

2.3 Bahan Organik Tanah

Menurut Yuliprianto (2010), bahan organik merupakan cadangan nitrogen yang penting, dapat memperbaiki persediaan fosfor dan sulfur tanah, melindungi tanah dari erosi, menyediakan substansi semacam semen untuk pembentukan agregat tanah yang diinginkan, dan memperbaiki aerasi serta pergerakan air. Bahan organik tanah terdiri dari fraksi-fraksi yang berbeda-beda. Pertama, sisa-sisa tanaman yang melapuk sebagian umumnya dalam bentuk partikel tidak dapat dikenali sebagai bahan tanaman. Kedua, mikroorganisme dan mikroflora yang terlibat dalam dekomposisi. Ketiga, produk pertumbuhan dan



dekomposisi mikroorganisme (meliputi fraksi terlarut dan polisakarida). Keempat adalah humus (koloid bahan organik) yang merupakan produk humifikasi. Kelima bagian atas tanah (sisa-sisa tanaman atau bahan yang dipanen dengan diameter <2cm, masih dapat dikenali sebagai daun atau potongan seresah) dan dibawah permukaan halus yang sudah mati, atau disebut nekroses. Pada umumnya bagian ini tidak lagi dihitung sebagai bahan organik namun memiliki peran penting.

Menurut Soepardi (1983), bahan organik tanah berperan secara fisika, kimia, maupun biologis sehingga menentukan status kesuburan suatu tanah. Bahan organik menjadi sumber energi karbon dan hara bagi biota heterotropik (pengguna senyawa organik). Kandungan bahan organik tanah ditentukan kesetimbangan antara laju pelonggokan dengan laju dekomposisinya.

2.4 Kualitas Bahan Organik

Pemilihan bahan organik dilihat pada kualitas bahan organik itu sendiri. Pemilihan bahan organik yang tepat akan memberikan hasil yang baik terhadap hubungan antara waktu, ketersediaan unsur hara, dan kebutuhan tanaman akan hara sehingga pemberian organik akan lebih efisien. Menurut Handayanto (1997), komponen kualitas bahan organik yang penting meliputi nisbah C/N, kandungan lignin, polifenol, dan kapasitas polifenol mengikat protein.

Menurut Stevenson (1982), lignin adalah senyawa polimer pada jaringan tanaman berkayu, yang mengisi rongga antar sel tanaman, sehingga menyebabkan jaringan menjadi keras dan sulit dirombak oleh organisme tanah. Jika bahan organik mempunyai kandungan lignin tinggi kecepatan mineralisasi N akan terhambat. Selain lignin, polifenol juga berpengaruh penting terhadap kecepatan dekomposisi bahan organik. Polifenol adalah senyawa aromatik hidroksil yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi dua jenis, yakni polifenol sulit larut dan polifenol mudah larut. Harborne (1997) mengelompokkan polifenol menjadi dua yaitu polifenol dengan berat molekul rendah dan polifenol dengan molekul tinggi berbentuk tanin yang tersebar dalam daun. Sifat khas dari polifenol adalah kemampuannya dalam membentuk kompleks dengan protein sehingga protein sulit dirombak oleh organisme perombak. Oleh karena itu, sama halnya dengan



lignin, semakin tinggi kandungan polifenol dalam bahan organik maka akan semakin lambat terdekomposisi dan termineralisasi.

2.5 Dekomposisi Seresah

Dekomposisi seresah adalah perubahan secara fisik maupun kimiawi yang sederhana oleh mikroorganisme tanah yang meliputi bakteri, fungi dan hewan lainnya (Sutedjo et al., 1991). Selain itu sering juga disebut dengan mineralisasi yaitu proses penghancuran bahan organik tanah yang berasal dari hewan dan tanaman menjadi senyawa-senyawa anorganik sederhana.

Adapun beberapa tahapan proses dekomposisi seresah, yaitu: (1) tahap penghancuran bahan organik segar menjadi partikel yang berukuran kecil-kecil yang dilakukan oleh cacing tanah dan makrofauna yang lain, (2) tahap transformasi, yang mana pada tahap ini sebagian senyawa organik akan terurai dengan cepat, sebagian terurai dengan kecepatan sedang dan sebagian lain terurai secara lambat (Ma'shum et al., 2003). Pada sumber lain menjelaskan proses dekomposisi juga terjadi akibat adanya pengaruh kondisi lingkungan disekitar. Mason (1977) menjelaskan bahwa proses dekomposisi dimulai dengan proses pelindian (*leaching*), yaitu mekanisme hilangnya bahan-bahan yang ada pada seresah akibat curah hujan atau aliran air. Tahap selanjutnya adalah penghancuran (*weathering*) yaitu pelapukan oleh faktor fisik seperti pengikisan oleh angin atau pergerakan molekul air. Dan yang ketiga adanya aktivitas biologi yang menghasilkan pecahan-pecahan organik oleh makhluk hidup yang melakukan dekomposisi.

2.6 Pengaruh Suhu Tanah terhadap dekomposisi bahan organik

Suhu tanah secara tidak langsung mempengaruhi pertumbuhan tanaman, kelembaban tanah, aerasi, aktivitas tanah dalam proses enzimatik dan dekomposisi seresah atau sisa tanaman serta ketersediaan hara-hara tanaman (Hanafiah, 2004). Aktivitas ini terbatas pada suhu dibawah 10°C , laju optimum aktivitas biota tanah yang menguntungkan terjadi pada suhu $18-30^{\circ}\text{C}$, seperti bakteri pengikat N pada tanah berdrainase baik. Suhu tanah sangat dipengaruhi oleh interaksi sejumlah faktor dengan sumber panas, yaitu sinar matahari dan langit, serta konduksi interior tanah. Faktor eksternal yang menyebabkan



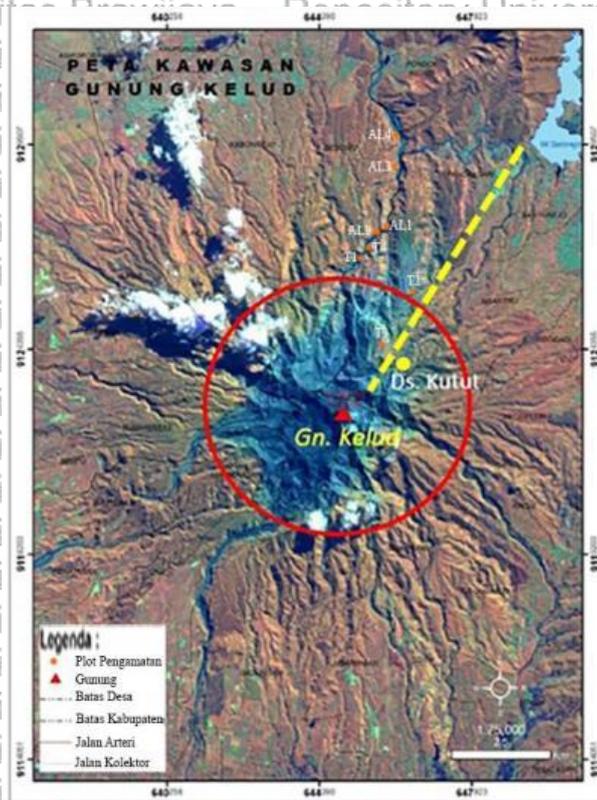
perubahan suhu tanah diantaranya adalah radiasi matahari (jumlah panas yang mencapai permukaan bumi), radiasi dari langit, kondensasi, evaporasi, curah hujan, insulasi (tanaman penutup tanah, mulsa, awan). Sedangkan faktor internal meliputi kapasitas panas tanah, konduktivitas dan difusivitas thermal, aktivitas biologis, struktur tanah, tekstur tanah dan kelembaban tanah serta garam terlarut. Menurut Yuliprianto (2010), keadaan iklim terutama suhu memberi pengaruh terhadap banyaknya nitrogen dan bahan organik yang terdapat dalam tanah. Dari iklim yang lebih panas ke iklim yang lebih dingin, bahan organik dan nitrogen dari tanah yang dibandingkan cenderung untuk naik dan pada waktu yang bersamaan perbandingan C dan N juga naik. Pada umumnya proses dekomposisi bahan organik lebih cepat apabila berada pada iklim yang panas, namun proses dekomposisi bahan organik lebih lambat apabila berada pada iklim yang dingin.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2016, di Dusun Kutut, Kecamatan Ngantang, Kabupaten Malang, Jawa Timur.

Lokasi penelitian menggunakan empat lokasi lahan dengan tutupan yang berbeda, antara lain lahan hutan produksi (M 0647686 m E, 9126931 m S), lahan budidaya (M 0648277 m E, 9127940 m S), lahan semak belukar (M 0647877 m E, 9127023 m S), dan lahan agroforestri kopi (M 0647117 m E, 9125983 m S). Analisis tanah dan bahan organik /seresah dilakukan di laboratorium kimia dan biologi tanah Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.



Gambar 4. Lokasi percobaan di lereng sebelah timur laut Gunung Kelud, di Dusun Kutut(sumber: Lab. PSISDL Jurusan tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya)

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian lapangan, analisis karakteristik tanah, dan analisis kualitas bahan organik.

3.2.1 Alat

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah litter bag (berukuran 25x25 cm², terbuat dari kawat kasadengan mata jaring 7 mm), bor gambut, gunting, pisau, dan cetok untuk pengambilan contoh tanah. Selain itu juga menggunakan peralatan lain seperti termometer digital untuk pengambilan data suhu tanah, timbangan digital untuk menimbang seresah. GPS untuk menentukan koordinat lokasi penelitian, serta alat untuk analisis sifat kimia, dan biologi tanah.



Gambar 5. (a) Litterbag, (b) Timbangan digital, (c) Termoter digital, (d) GPS

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan di dalam penelitian adalah pangkasan bahan organik tanaman *Parasponia andersonii*, *Trema orientalis*, Kakao, Sengon. Bahan-bahan lain yang digunakan di dalam penelitian ini adalah bahan kimia untuk analisa kualitas bahan organik seperti lignin, polifenol, C, dan N.

3.3 Rancangan Percobaan

Guna menjawab pertanyaan penelitian diatas maka penelitian dilakukan dengan 2 faktor yaitu jenis biomass dan tutupan lahan.

Faktor 1 (Jenis Biomasa):

- 1. *Parasponia andersonii*
- 2. Anggung (*Trema orientalis*)
- 3. Sengon (pembanding)
- 4. Kakao (pembanding)

Faktor 2. Jenis tutupan lahantempat percobaan:

- 1. Hutan produksi milik Perhutani (tutupan kanopi tertutup rapat dan suhu tanah yang rendah)
- 2. Semak belukar (tutupan kanopi agak rapat dan suhu tanah sedang)
- 3. Agroforestri kopi (AF Kopi dengan tutupan kanopi sedang dan suhu tanah agak tinggi)
- 4. Lahan budidaya tanaman semusim (tutupan kanopi rendah dan suhu tanah tinggi).

Pengukuran di setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 5 kali pada lahan yang berbeda. Pengukuran dilakukan pada interval waktu 1 minggu, 2 minggu, 4 minggu, 8 minggu, dan 12 minggu; dengan demikian total litter bagyang dibutuhkan(4x4x5x5) = 400 bag.

Variabel yang diukur meliputi:1) kualitas bahan organik yaitu kadarpolifenol, lignin, C-organik, dan N-total yang diukur di awal dan di akhir percobaan, dan 2)kondisi lingkungan, yang diukur adalahsuhu tanah pada kedalaman 0-10. cm. Pengukuran dilakukan setiap 2 hari sekali (lihat 3.5.5).



3.3.1 Parameter Pengamatan

Pada penelitian ini, parameter yang diamati akan dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Variabel yang digunakan, methoda dan waktu pengukuran.

No	Objek Penelitian	Parameter	Metode	Waktu minggu ke-
1	Seresah	Laju Dekomposisi	Olson (1963)	1,2,4,8,12
		N-Total	Kjeldahl	0 dan 12
		C-Organik	Walkey and Black	0 dan 12
		Polifenol	Follin dan Denis	0 dan 12
		Lignin	Goering dan Van Soest	0 dan 12
2	Faktor Lingkungan	Suhu Tanah		1,2,4,8,12

3.4 Langkah-langkah kegiatan

Studi dekomposisi ini dilakukan dengan jalan mengamati penurunan berat masa yang dimasukkan dalam litterbag dengan jalan memonitor biomasa yang tersisa di dalam litterbag (TSBF, 1993). Langkah-langkah persiapannya adalah sebagai berikut:

1. Penyiapan bahan organik melalui pemangkas
2. Bahan Organik *Parasponia andersonii*, *Trema orientalis*, sengon (*Paraserianthes falcataria*), dan kakao (*Theobroma cacao*) dikering anginkan selama 7-30 hari
3. Contoh pangkasan ditetapkan kualitasnya dengan menganalisis C-organik, N total, lignin, dan polifenol.
4. Berdasarkan kandungan N yang ada dalam masing-masing bahan organik, maka ditetapkan jumlah BO yang dibutuhkan per litterbag (setara dengan pemberian N sebesar 200 N ha⁻¹) (Lampiran 1).



Tabel 2. Dosis bahan organik per litter bag yang digunakan untuk percobaan

No	Jenis Bahan Organik	Dosis per litter bag (g)	Setara dosis ($N\ ha^{-1}$)
1	Parasponia	88,38	200 $N\ ha^{-1}$
2	Trema	107,69	
3	Kakao	335,96	
4	Sengon	361,05	

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Persiapan Bahan

Bahan organik *Parasponia*, *Trema*, sengon, dan kakao diambil dengan memangkas cabang bagian bawah. Bahan organik dikering anginkan kemudian dipotong-potong sepanjang 3 cm. Bahan organik kemudian ditimbang setara dengan dosis pemberian $N(200\ ton\ ha^{-1})$. Bahan organik yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam kantong seresah/litter bag berukuran $25 \times 25\ cm^2$ dengan mata jaring 7 mm, kemudian dijahit rapat setiap sudutnya dan kantong seresah diberi label. Kantong seresah kemudian diaplikasikan diatas permukaan tanah sesuai perlakuan. Contoh seresah diambil untuk pengukuran berat seresah tertinggal dengan interval waktu 1 minggu, 2 minggu, 4 minggu, 8 minggu, dan 12 minggu.

3.5.2 Pengaplikasian pada tanah.

Kantong seresah yang telah diisi dengan seresah *parasponia*, *anggrung*, sengon, dan kakao diaplikasikan pada permukaan tanah di 4 macam tutupan lahan yaitu hutan milik petani, lahan belukar, lahan Agroforestri kopi dan lahan budidaya sayuran. Kantong seresah diletakkan pada permukaan tanah (Gambar 6) pada titik yang sudah ditentukan dengan interval pengukuran yaitu selama 1 minggu, 2 minggu, 4 minggu, 8 minggu, dan 12 minggu setelah aplikasi. Litter bag diletakkan pada tanah dengan jarak kurang lebih 1 meter dari pohon (lahan hutan) dengan jarak antar ulangan 0,5 m (lahan hutan, semak, budidaya), sedangkan pada lahan AF kopi jarak antar ulangan 7 meter.



Gambar 6. Sebaran litter bag di lapangan secara acak

3.5.3 Pengambilan dan penanganan contoh.

Seresah yang telah diinkubasi dibersihkan dengan air mengalir secara hati-hati dan perlahan sehingga kotoran berupa tanah terpisah dari bahan organik.

Bahan organik kemudian dimasukkan dalam amplop, dioven dengan suhu 80°C selama 48 jam, kemudian ditimbang kembali maka didapatkan berat kering seresah.

3.5.4 Perhitungan laju dekomposisi

Pada perhitungan laju dekomposisi menggunakan rumus yang dikembangkan oleh Olson (1963), sebagai berikut :

$$X_t/X_0 = e^{-kt}$$

Dimana:

X_0 = Berat Seresah awal (g)

X_t = Berat kering seresah setelah waktu pengamatan ke- t (g)

t = Waktu pengamatan (minggu)

k = konstanta



3.5.5 Pengukuran suhu tanah

Pengukuran suhu tanah dan suhu udara dilaksanakan setiap 2 hari sekali selama penelitian berlangsung. Pengukuran suhu udara dilakukan pada pagi hari (07.00) dan siang hari (14.00) di dekat litter bag (Gambar 7). Sebelum pengukuran suhu tanah, dibuat lubang terlebih dahulu dengan menggunakan pasak sedalam 10cm. Selanjutnyatermometer dimasukkan secara perlahan-lahan sampai ujung termometer menyentuh tanah. Pembacaan hasil suhu tanah dilakukan setelah 10 menit termometer dimasukan dalam tanah.



Gambar 7. Pengukuran suhu di tanah selama percobaan

3.5.6 Analisis Tanaman.

Pada penelitian ini analisis tanaman yang dilakukan meliputi Total N, C, lignin, dan polifenol pada seresah.

- Analisis N Total

Pengukuran N total tanamandilakukan dengan cara contoh tanaman ditimbang sebanyak0,1 g kemudian dimasukkan dalam tabung destilasi dan ditambah dengan campuran selen 2g dan10 ml H₂SO₄ pekat, didestruksi dalam digestionblock pada suhu 350°C selama lebih kurang setengah jam. Destruksi berhasil bila cairan jernih,kemudian didinginkan dan selanjutnya diencerkandengan aquadest sampai 50 ml. Setelah dingin, dilakukanpenambahan20 ml NaOH 30% dan siap didestilasi. Hasil destilasi



ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 20 ml asam borat penunjuk dan destilasi dihentikan setelah mencapai 50 ml. Selanjutnya hasil destilasi dititrasi dengan H_2SO_4 0,01 N yang sudah distandarisasi sampai terjadi perubahan warna dari hijau menjadi merah ungu.

- Analisis C-organik.

Analisis C-organik dilakukan dengan cara contoh tanaman di timbang seberat 0,05 g, dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, lalu ditambahkan 5 ml larutan $K_2Cr_2O_7$ 1N selanjutnya dikocok. Setelah itu, dilakukan penambahan H_2SO_4 pekat sebanyak 7,5 ml, lalu dikocok dan didiamkan selama 30 menit. Kemudian, larutan ditambah dengan air aquadest, lalu dibiarkan dingin. Larutan kemudian ditambahkan 6 tetes feroin 0,025 M hingga berwarna hijau. Larutan kemudian dititrasi dengan $FeSO_4$ 0,5 N hingga warna berubah warna merah anggur.

- Analisis Lignin.

Analisis lignin dilakukan dengan cara menimbang seberat 0,5 g contoh BO yang sudah dihaluskan dan lolos ayakan 2 mm. Hasil timbangan ditambahkan dengan 25 ml larutan acid detergent dan 1 ml antifoam ke dalam botol volumetrik 250ml. Botol volumetrik dimasukkan dalam destilator dan kemudian dipanaskan sampai $150^\circ C$ selama 1 jam. Setelah mendidih suhu diturunkan, dan sesekali digoyangkan. Contoh seresah yang telah bercampur dengan acid detergent dan antifoam, kemudian disaring dengan menggunakan *filter glass crucible* dan dicuci dengan larutan aceton 1 kali. Contoh seresah yang telah dicuci dengan aceton, selanjutnya dicuci kembali dengan menggunakan air mendidih hingga tidak berwarna. Contoh seresah dalam *Crucible* selanjutnya direndam dengan larutan H_2SO_4 72% secukupnya sampai setengah dari *crucible* dan didiamkan selama 3 hingga 4 jam. Setelah perendaman, contoh seresah dan *crucible* selanjutnya dibilas kembali dengan air panas dan disedot dengan menggunakan pompa vakum hingga tidak lagi menyisakan zat asam (tak berwarna dan tak berbuih). Contoh seresah dalam *crucible*, selanjutnya diabukan pada suhu $500^\circ C$ selama 4 hingga 5 jam. Hasil abu selanjutnya didinginkan kemudian ditimbang.



- Analisis Polifenol

Sedangkan untuk analisis polifenol dilakukan dengan cara menimbang sampel bahan organik sebanyak 0,75 g dalam keadaan kering oven dicampur dengan 20 ml metanol dalam beaker glass 50 ml dan ditutup dengan aluminium foil. Selanjutnya dididihkan dalam water bath pada suhu 70 hingga 80 °C selama 1 jam. Kemudian disaring dengan kertas saring (Whatman 42) dan dibilas dengan metanol 50% lalu diencerkan sampai 50 ml dalam botol volumetrik. Hasil ekstraksi dipipet 1 ml dan dimasukkan dalam cuvet dengan ditambah 20 ml aquades, 2,5 ml reagent Denis-Folin, 10 ml Na_2CO_3 17% lalu diencerkan sampai 50 ml dengan aquadest dan didiamkan selama 20 menit.

Selanjutnya, kandungan polifenol dibaca pada spektrofotometer pada absorban 760 nm. Reagen Folin Denis dibuat dari campuran 50 g sodium tungstate, 10 g asam fosfat molibdat dan 25 ml H_3PO_4 , dimasukkan dalam botol volumetrik 500-ml yang berisi 375 ml aquadest kemudian direflux selama 2 jam dan diencerkan sampai 500 ml dengan aquadest. Kurva larutan standard dibuat dengan jalan memipet 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 ml 0,1 mg per ml asam tanik (0,01 ml asam tanik dalam botol volumetric 100 ml dengan aquadest). Selanjutnya dimasukkan ke dalam 50 ml cuvet yang berisi 50 ml aquadest dan ditambah 2,5 ml reagent Folin Denis dan 10 ml Na_2CO_3 17%. Kandungan polifenol dibaca pada alat spectrofotometer.



3.6 Analisis Data

Untuk mempelajari perubahan massa antar jenis bahan organik dan tutupan lahan serta interaksinya dilakukan uji sidik ragam (Anova) menggunakan program Genstat 4. Apabila Anova menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT pada taraf 5%. Sedangkan, untuk mempelajari tingkat keeratan hubungan antara laju dekomposisi dengan kualitas bahan organik dan suhu tanah dilakukan uji korelasi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Komposisi Kimia Bahan Organik

Kecepatan dekomposisi dari suatu bahan organik dipengaruhi salah satunya oleh faktor internal yaitu kualitas bahan organik. Pada penelitian ini, digunakan bahan organik (campuran daun dan ranting) dari tanaman parasponia (*Parasponia andersonii*), tremas (*Trema orientalis*), kakao (*Theobroma cacao* L) dan sengon (*Paraserianthes falcataria*). Dari hasil pengukuran menunjukkan bahwa bahan organik yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai C/N ratio < 25% (Tabel 3). Dilihat dari kadar lignin, dari 4 jenis bahan organik yang digunakan, hanya bahan organik Tremas dan sengon yang memiliki kadar < 15%, sedangkan bahan organik parasponia dan kakao memiliki kadar lignin > 15%. Pada kadar polifenol, semua bahan organik memiliki kadar polifenol > 3%. Menurut Palm dan Sanchez (1991), seresah dikategorikan cepat terdekomposisi bila memiliki nisbah C/N < 25, kadar lignin < 15% dan polifenol < 3%. Berdasarkan kriteria tersebut, maka Tremas dan Parasponia, serta sengon termasuk dalam kategori cepat terdekomposisi, sedangkan kakao tergolong lambat terdekomposisi karena kadar lignin dan kadar polifenol yang tinggi.

Tabel 3. Komposisi kimia bahan organik yang digunakan dalam percobaan.

	Total C	Total N	Lignin	Polifenol	C/N	L/N	(L+P)/N
	%						
Parasponia	19,3	1,56	16,4	3,4	12,4	10,5	12,7
Tremas	18,6	1,25	10,7	3,1	14,9	8,7	11,1
Kakao	40,0	2,05	23,1	9,4	19,5	11,3	15,9
Sengon	37,9	3,25	13,1	14,2	11,7	4,0	8,4

Keterangan: C = Karbon, N = Nitrogen, L=Lignin, P=Polifenol

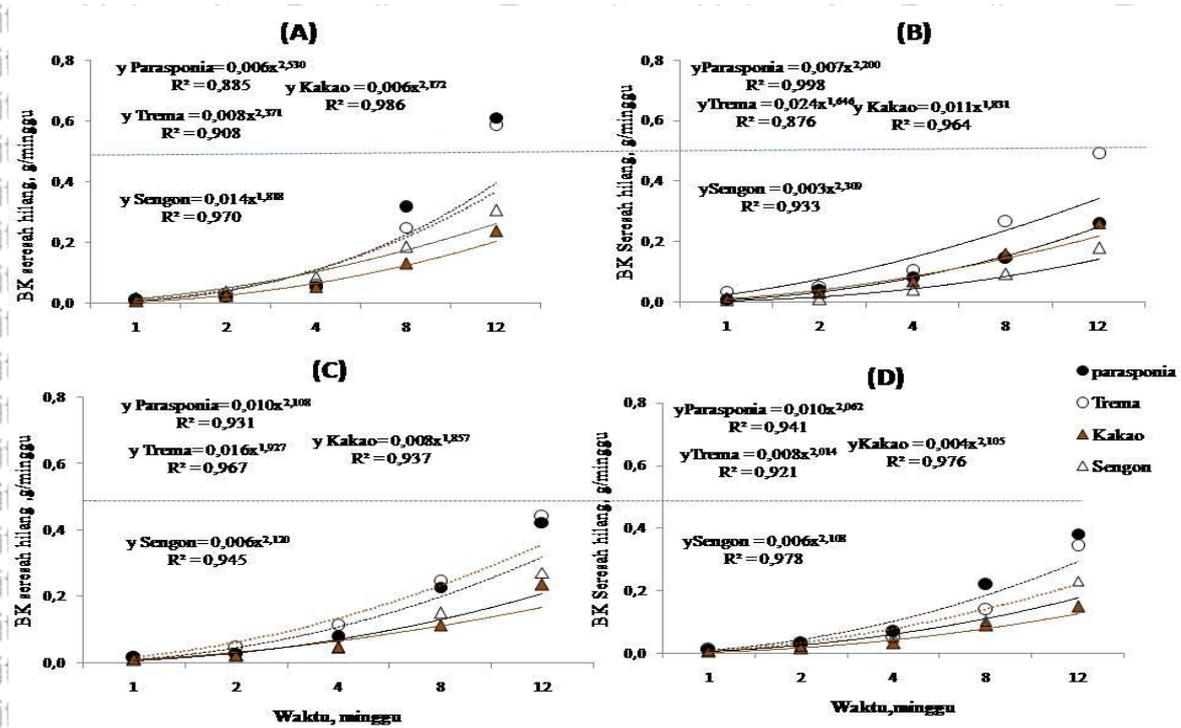


4.1.2 Kehilangan berat kering bahan organik

Hasil uji anovamenunjukkan bahwaberat kering seresah yang hilang pada akhir percobaan (12 minggu setelah aplikasi (MSA)) berbeda nyata ($p < 0,05$) antar jenis bahan organik (BO) dan antar tutupan lahan (Lampiran 2). Selain itu, terdapat pengaruh yang berbeda nyata ($p < 0,05$) pula dari interaksi antara jenis bahan organik dan tutupan lahan terhadap berat kering seresah yang hilang.

Secara umum, BO *Parasponia* dan *Trema* lebih cepat terdekomposisi dibanding dengan sengon dan kakao di berbagai tutupan lahan (Lampiran 2). Dilihat dari tutupan lahan, laju dekomposisi dari berbagai jenis BO berjalan lebih cepat di lahan hutan dibandingkan dengan di penggunaan lahan yang lain (semak, budidaya, dan agroforestri kopi). Laju dekomposisi BO akan semakin meningkat dengan bertambahnya waktu (Lampiran 2), yang dibuktikan oleh besarnya BO yang hilang pada 12 MSA. Namun demikian, dalam waktu 12 MSA belum ada satupun dari BO yang diuji menunjukkan kehilangan mencapai 50% (Gambar 8) kecuali BO *Parasponia* dan *Trema* di hutan, dan BO *Parasponia* di lahan semak belukar (Gambar 8A).





Gambar 8. Rata-rata berat kering seresah (g/minggu) yang hilang dari litter bag pada berbagai waktu pengamatan: (A) Pada lokasi hutan, (B) lahan budidaya, (C) lahan semak, (D) lahan AF kopi

Di lokasi lahan hutan dan agroforestri kopi (AF), BO *Parasponia* menunjukkan penurunan berat yang lebih besar dibanding dengan BO sengon dan kakao, dengan laju penurunan berat rata-rata sebesar 0,61 g/minggu di lahan hutan dan 0,38 g/minggu di lahan agroforestri kopi (Gambar 8A dan Gambar 8D). Sedangkan penurunan berat kering seresah BO *Trema* tidak berbeda nyata dengan *Parasponia* dan sengon, tetapi masih lebih besar dibandingkan dengan kakao baik di lahan hutan maupun di lahan agroforestri kopi, dengan laju kehilangan berat kering sebesar 0,59 g/minggu di lahan hutan dan 0,34 g/minggu di lahan agroforestri kopi. Selanjutnya, kehilangan berat kering BO *Parasponia* dan *Trema* secara nyata ($p < 0,05$) lebih besar dibandingkan dengan kakao dan sengon di tutupan lahan semak dengan laju penurunan sebesar 0,42 g/minggu untuk *Parasponia* dan 0,44 g/minggu untuk *Trema* (Gambar 8). Untuk lahan budidaya, kehilangan berat kering tertinggi terdapat pada BO *Trema* dengan rata-rata kehilangan sebesar 0,50 g/minggu, diikuti oleh *Parasponia* (0,26 g/minggu) dan kakao (0,26 g/minggu), dan terendah adalah sengon dengan rata-rata 0,18 g/minggu (Gambar 8).



4.1.3 Laju Dekomposisi Bahan Organik

Laju dekomposisi BO bervariasi antara tutupan lahan. Secara keseluruhan, laju dekomposisi BO *Parasponia* dan *Trema* tergolong lebih cepat dibandingkan dengan laju dekomposisi BO kakao dan sengon di semua jenis tutupan lahan yang diuji (Tabel 4). Hal ini ditunjukkan dari nilai konstanta (k/minggu) BO *Parasponia* dan *Trema* (rata-rata 0,04 k/minggu) dua kali lebih besar dibandingkan dengan BO sengon dan kakao (rata-rata 0,02 k/minggu). Umur paruh waktu (1/k, minggu) merupakan masa tinggal BO di permukaan tanah, diperkirakan bahwa umur paruh BO *Parasponia* dan *Trema* sekitar 29 minggu, sedangkan BO kakao dan sengon sekitar 53 minggu, dengan demikian campuran dari kesemua jenis BO yang diuji ini dalam jangka panjang berpotensi besar untuk digunakan sebagai mulsa dari pada untuk penambah hara.

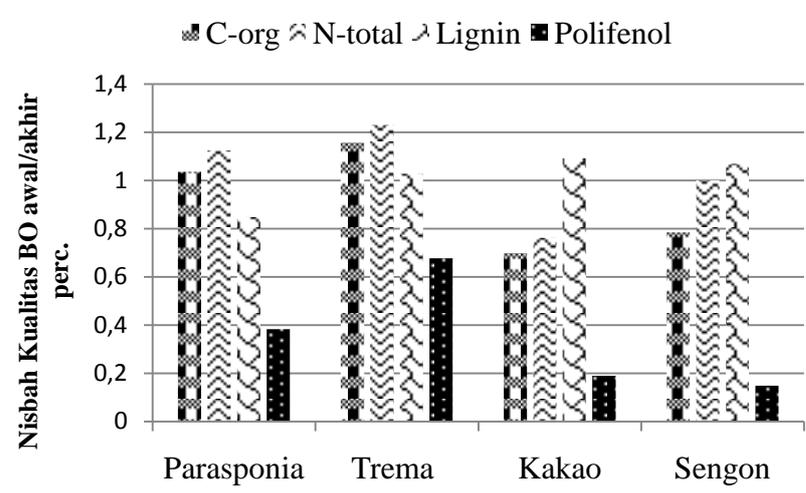
Tabel 4. Konstanta laju dekomposisi bahan organik pada tutupan lahan yang berbeda.

Bahan Organik	Tutupan Lahan	Umur paruh waktu (1k/minggu)	Keterangan
Parasponia	Tertutup (Hutan & semak)	20	Cepat
	Budidaya	48	Lambat
	AF Kopi	30	Cepat
Trema	Tertutup (Hutan & semak)	20	Cepat
	Budidaya	24	Cepat
	AF Kopi	34	
Kakao	Tertutup (Hutan & semak)	50	Lambat
	Budidaya	45	
	AF Kopi	77	
Sengon	Tertutup (Hutan & semak)	50	Lambat
	Budidaya	67	
	AF Kopi	53	

4.1.4 Kandungan C, N, lignin, dan polifenol bahan organik setelah 12 minggu aplikasi

Berdasarkan hasil perhitungan nisbah kualitas kimia BO (total C, N, lignin dan kadar polifenol) di awal dan akhir percobaan (12 minggu setelah

aplikasi) atau disingkat dengan “Nisbahkualitas0/kualitas12” diketahui bahwa kadar polifenol menunjukkan nisbahkualitas0/kualitas12 terendah untuk semua jenis BO. Kadar C, N dan lignin masih belum menunjukkan penurunan pada minggu ke 12, kecuali pada BO kakao (Gambar 9).



Gambar 9. Nisbah kualitas berbagai jenis BO pada awal percobaan dan kualitas BO pada minggu ke 12 setelah aplikasi perlakuan

Dari hasil uji anova diketahui bahwa pada N-total, C-organik, lignin, bahan organik berbeda nyata ($p < 0,05$) antar jenis bahan organik dan antar lokasi penelitian pada minggu ke 12. Selain itu juga ditemukan adanya interaksi antara jenis bahan organik dan tutupan lahan dalam mempengaruhi kandungan N-total, C-organik, lignin, dan (L+P)/N bahan organik selama 12 minggu aplikasi di lapangan (Lampiran 3).

Secara umum, kandungan N, C, dan lignin pada minggu ke-12 dari semua bahan organik (parasponia, trema, kakao dan sengon) yang diaplikasikan di lahan agroforestri kopi lebih besar dibandingkan dengan di lahan hutan, budidaya, dan semak (Lampiran 3). Dilihat dari jenis bahan organik, bahan organik Trema memiliki kandungan N, C dan lignin yang lebih rendah dibandingkan dengan bahan organik yang lain pada minggu ke-12 setelah aplikasi di berbagai penggunaan lahan. Untuk bahan organik Parasponia, kandungan C dan N dari parasponia pada minggu ke-12 setelah aplikasi lebih rendah dibandingkan dengan sengon, sedangkan kandungan lignin dan polifenol dari parasponia tidak berbeda nyata dengan sengon (Lampiran 3).



Dilihat dari interaksi antara bahan organik dan tutupan lahan pada pengamatan minggu ke-12, BO Parasponia di lokasi lahan hutan dan budidaya memiliki kandungan N dan C yang lebih rendah dibandingkan dengan di lahan semak dan agroforestri kopi. Kadar lignin dari Parasponia di lahan hutan dan budidaya juga lebih rendah dibandingkan dengan di lahan agroforestri kopi.

Untuk bahan organik trema dan kakao, kandungan N dari kedua BO tersebut yang diaplikasikan di lahan hutan lebih rendah dibandingkan dengan di lahan budidaya dan agroforestri kopi, begitu pula dengan kandungan C-organik dari trema di lahan hutan dan budidaya lebih rendah dibandingkan dengan lahan agroforestri kopi. Sedangkan kandungan C (dari bahan organik kakao) dan lignin (dari bahan organik trema dan kakao) tidak menunjukkan perbedaan di berbagai penggunaan lahan. Untuk sengon, kandungan N total bahan organik sengon di lahan hutan dan budidaya lebih rendah dibandingkan dengan di agroforestri kopi, sebaliknya kandungan lignin di lahan hutan lebih besar dibandingkan dengan lahan budidaya dan semak (Lampiran 3).

4.1.5 Suhu tanah

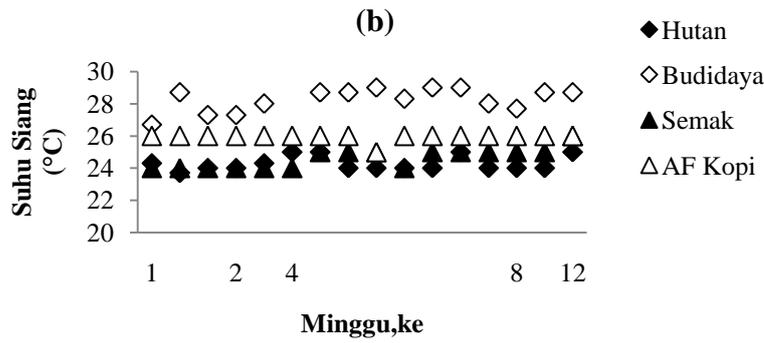
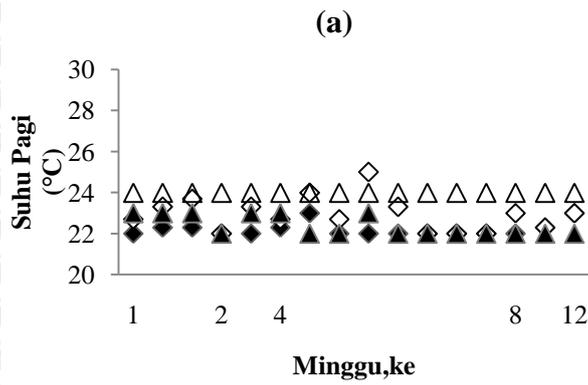
Selain faktor internal (kualitas bahan organik), salah satu faktor yang berpengaruh pada laju dekomposisi bahan organik adalah faktor eksternal yaitu suhu tanah. Suhu tanah diambil pada waktu pagi hari dan siang hari. Suhu tanah pada lokasi penelitian menunjukkan hasil yang berbeda-beda (Gambar 10).

Pada lahan hutan, budidaya dan semak, suhu tanah di pagi hari (pukul 07.00 - 09.00 WIB) berkisar antara 22 - 23 °C, sedangkan suhu pagi hari di lahan agroforestri kopi rata-rata sebesar 24 °C.

Pada siang hari (pukul 14.00 - 15.00 WIB), suhu tanah di lahan budidaya (28 - 29 °C) lebih tinggi dibandingkan dengan suhu tanah di lahan hutan, semak, dan agroforestri kopi (23 - 26 °C), meskipun data-data yang diperoleh tidak memungkinkan untuk dilakukan analisis statistik. Secara keseluruhan, rata-rata suhu tanah harian (pagi dan siang hari) di lokasi penelitian menunjukkan bahwa suhu rendah terdapat pada lahan hutan (23 °C), diikuti lahan semak (23,5 °C) dan lahan AF kopi (25 °C), dan suhu paling tinggi pada lahan budidaya (25,7 °C).

Perbedaan suhu tanah di atas tersebut menunjukkan bahwa tutupan lahan berpengaruh terhadap iklim mikro salah satunya suhu tanah.





Gambar 10. Suhu tanah (a) pagi, (b) siang



4.2 Pembahasan

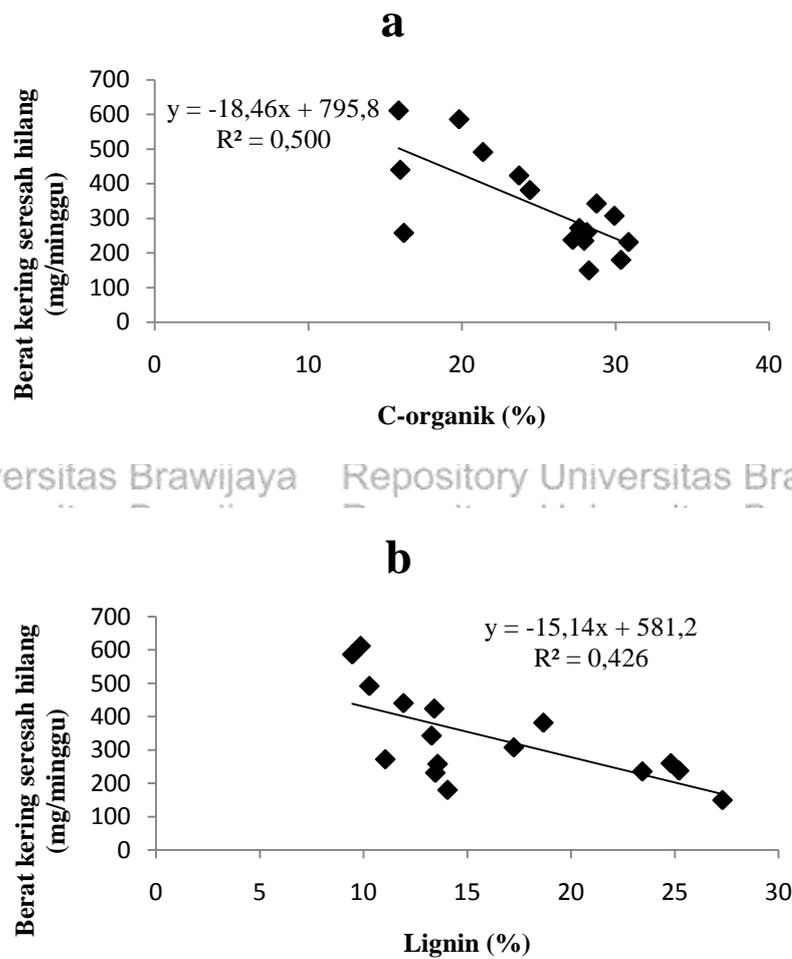
Laju dekomposisi bahan organik sengon dan kakao yang diperoleh pada penelitian ini tidak berbeda jauh dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan di lahan yang terdampak abu vulkanik dan lahan yang tidak terdampak abu vulkanik. Hairiah *et al.* (2014) menjelaskan bahwa konstanta laju dekomposisi bahan organik kakao pada lahan terdampak abu vulkanik sebesar 0,031 k/minggu dengan umur waktu 32 minggu, sedangkan pada lahan tidak terkena abu vulkanik sebesar 0,030 k/minggu dengan umur paruh waktu 33 minggu. Kemudian hasil konstanta laju dekomposisi bahan organik sengon pada lahan terdampak abu sebesar 0,030 k/minggu dengan umur paruh waktu 33 minggu, sedangkan pada lahan tidak terdampak abu sebesar 0,025 k/minggu dengan umur paruh waktu 40 minggu. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan penelitian yang dilakukan bahwa hasil konstanta laju dekomposisi bahan organik kakao dan sengon rata-rata sebesar 0,02 k/minggu.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh faktor internal maupun eksternal. Pengaruh faktor internal bahan organik terhadap laju dekomposisi dapat dilihat dari perbedaan laju dekomposisi dari bahan organik *Parasponia andersonii*, *Trema orientalis*, *Theobroma cacao* L, dan *Paraserianthes falcataria*, dan ini sejalan dengan hipotesis penelitian. Bahan organik parasponia dan trema memiliki kehilangan berat kering dan nilai konstanta (k/minggu) yang lebih besar dibandingkan dengan kakao (Lampiran 2 dan Tabel 4). Hal ini diduga karena *Parasponia* dan *trema* memiliki kandungan lignin, polifenol, C/N, L/N, dan (L+P)/N yang lebih rendah dibandingkan dengan kakao. Meskipun bahan organik sengon memiliki kandungan lignin, C/N, dan (L+P)/N yang lebih rendah dibandingkan dengan kakao, namun kehilangan berat kering dan nilai konstanta (k/minggu) dari sengon sama dengan kakao rata-rata (0,02 k/minggu). Ini berarti bahwa laju dekomposisi bahan organik sengon tidak berbeda dengan kakao. Indikator kualitas bahan organik yang berhubungan dengan laju kehilangan berat kering adalah kadar C-organik dan lignin. Hal ini didukung oleh hasil korelasi yang menunjukkan adanya korelasi negatif yang



sangat erat antara berat kering dengan kandungan C-organik ($r = -0.71^{**}$, dengan r table 1% = 0.62) dan lignin ($r = -0.65^{**}$).

Kemudian pada hasil uji regresi antara berat kering seresah hilang dengan C-organik menunjukkan persamaan $y = -18,46x + 795,8$ yang artinya setiap kenaikan kadar C-organik tanaman sebesar 1 %, menurunkan nilai penurunan berat kering biomassa hilang sebanyak 18,46 mg. Besarnya pengaruh c-organik pada berat kering seresah yang hilang ditentukan dengan nilai R^2 yaitu 0,50 atau 50 %. Hal ini menunjukkan bahwa 50 % berat kering seresah hilang dipengaruhi oleh C-organik (Gambar 11). Selain itu hasil analisa regresi antara lignin dengan berat kering seresah yang hilang menunjukkan persamaan $y = -15,14x + 581,2$. Hal ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan kadar Lignin 1 %, menurunkan penurunan berat kering seresah hilang sebanyak 15,14 mg. Besarnya pengaruh ditentukan oleh nilai koefisien $R^2 = 0,43$ atau 43%. Hal ini menunjukkan 43% berat kering seresah yang hilang dipengaruhi oleh Lignin (gambar 11).



Gambar 11. Hubungan kualitas bahan organik dengan penurunan berat kering seresah. (a) C-organik, (b) Lignin.

C-organik dalam seresah menentukan ketersediaan karbon di dalam tanah yang akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme tanah untuk mengurai seresah.

Penambahan bahan organik yang mempunyai kandungan lignin, polifenol serta C-organik tinggi, maka laju dekomposisi terhambat meskipun N-total bahan organik tinggi atau nisbah C/N rendah (Camire *et al.*, 1991 dalam Manurung, 2002).

Lignin merupakan senyawa organik polimer kompleks yang berikatan membentuk kompleks lignin selulosa didalam sel. Sel tumbuhan sendiri dilindungi oleh senyawa lignin yang kompleks dan selulosa sebagai penyusun dinding sel yang sulit dicerna oleh enzim mikroorganisme (lignolisis). Hal ini yang menyebabkan proses penggunaan sumber karbon dan senyawa lain untuk metabolisme mikroorganisme jadi terhambat. Semakin tinggi kandungan lignin, maka proses

dekomposisi akan semakin lama, terlihat dari dekomposisi bahan organik kakao dan sengon yang agak sedikit lambat dibanding dengan *Parasponia* dan *Trema*.

Selain itu, jika dilihat dari keseluruhan lokasi lahan dengan tutupan yang berbeda-beda (hutan produksi, lahan budidaya, lahan semak, dan lahan AF kopi), lokasi yang paling tinggi laju dekomposisinya terdapat pada lahan hutan produksi (152,4 mg/minggu), lalu diikuti lahan budidaya, lahan semak, dan lahan AF kopi (Lampiran 2). Hal ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh tutupan lahan padapenurunan massa bahan organik yang diaplikasikan selama 12 minggu.

Vegetasi yang lebih beragam pada hutan produksi dibandingkan dengan lahan lainnya menyebabkan sumbangan seresah lebih melimpah sehingga mikroorganisme maupun makroorganisme yang ada dalam tanah tersedia cukup banyak. Hal ini juga ditemukan pada saat di lapangan keberadaan cacing yang ada dalam tanah cukup banyak. Menurut Yuliprianto (2010), menjelaskan bahwa mikroorganisme yang terlibat dalam dekomposisi meliputi bakteri, aktinomisetes dan fungi. Mikroorganisme dalam mendekomposisi bahan organik mengeluarkan enzim, yaitu suatu substansi protein yang bertanggung jawab terhadap dekomposisi dengan cara mengurangi aktivitas energi senyawa-senyawa tertentu yang diperlukan untuk memecah ikatan bahan organik. Menurut Manan (1978), Keadaan iklim yang basah karena hujan yang tinggi, diikuti suhu panas, sepanjang tahun menyebabkan kegiatan jasad renik seperti jamur (fungi) dan bakteri sangat aktif. Akibatnya proses pembusukan seresah hutan berlangsung sangat cepat.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dalam waktu 12 MSA belum ada satupun dari BO yang diuji menunjukkan kehilangan mencapai 50% kecuali BO *Parasponia* dan *Trema* di lokasi hutan, dan BO *Parasponia* di lahan semak belukar. Laju dekomposisi keempat jenis BO yang diuji dapat dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu: (a) Laju dekomposisi tinggi ditunjukkan oleh BO *Parasponia* dan *Trema* dengan rata-rata kehilangan berat 159 mg/minggu; (b) Laju dekomposisi rendah dengan rata-rata kehilangan berat 90 mg/minggu. Namun demikian laju dekomposisi bahan organik bervariasi antar penggunaan lahan yang berbeda tingkat kerapatan kanopi. Laju dekomposisi tertinggi terdapat pada tutupan lahan tertutup (Hutan produksi dan semak), kemudian diikuti pada lahan budidaya dan AF kopi.

Umur paruh BO sengon dan kakao hampir sama pada tutupan lahan terbuka dengan rata-rata 50 minggu, sedangkan *Parasponia* dan *Trema* dengan rata-rata (39 minggu dan 46 minggu). Namun umur paruh waktu BO *Parasponia* dan *Trema* memiliki nilai yang sama pada tutupan lahan semak dengan nilai 27 minggu sedangkan BO kakao dan Sengon dengan nilai rata-rata 47 minggu. Kemudian umur paruh waktu BO *Parasponia* dan *Trema* pada lahan hutan memiliki nilai rata-rata 20 minggu, sedangkan BO kakao dan sengon memiliki rata-rata 50 minggu.

5.2 Saran

Laju dekomposisi pada bahan organik tanaman pionir *Parasponia andersonii* dan *Trema orientalis* lebih cepat. Namun perlu dilakukan penelitian lebih lanjut potensi dari tanaman *Parasponia*, mengingat termasuk dalam tanaman yang tidak dibudidayakan sehingga perlu adanya penelitian tentang perkembangbiakan dan sebaran pertumbuhan dari tanaman *Parasponia*.





DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S.R dan Hananto Hadi. 2015. Identifikasi Sifat Kimia Abu Vulkanik dan Upaya Pemulihan Tanaman Karet Terdampak Letusan Gunung Kelud (Studi Kasus: Kebung Ngrangkah Pawon, Jawa Timur). *Warta Perkaretan* 2015, 34 (1), 19-30
- Apriliyanti, M. 2014. Peran pohon asal KBR dalam memperbaiki Infiltrasi Tanah pada Sistem Agroforestri. Studi kasus di daerah yang terkena dampak erupsi Gunung Kelud.
- Becking, J.H. 1979. Root nodule symbiosis between Rhizobium and Parasponia (Ulmaceae). *Plant Soil*, 51: 289-296.
- Broughton, W.J. 1981. Nitrogen Fixation. Volume I ecology. Clarendon Press. Oxford. P.57-97
- Coleman, D. C ; D. A. Crossley and P. F. Hendrix. 2004. *Fundamentals of Soil Ecology*, Second Edition. Academic Press. New York..
- Hairiah, K., Suprayogo, D., Warta, Y., Setyawati, A., Qhomariyah, N., Apriliyanti, M., Ratna Sari, R. 2014. Rehabilitasi DAS Brantas dengan Agroforestri melalui program Kebun Bibit Rakyat: Perubahan layanan lingkungan paska erupsi Gn. Kelud di Kabupaten Malang. *Dalam Makalah Seminar Nasional Agroforestri ke-5*. Univ Pattimura. Ambon
- Hairiah, K., Widiyanto, S. R. Utami, D. Suprayogo, Sunaryo, S. M. Sitompul, B. Lusiana, R. Mulia, M. Van Noordwijk, and G. Cadish. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi: Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara*. ISBN. 979-95537-7-6. ICRAF. Bogor
- Hanafiah K A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu tanah*. Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Handayanto, E; G. Cadisch and Giller, K.E. 1997. Regulating N mineralization from plant residues by manipulation of quality. In *Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition*, (Eds Cadisch, G. and Giller, K.E.), Department of Biological Sciences, Wey College. University of London. UK.
- Harborne, J.B. 1997. Role of phenolic secondary metabolites in plants and their degradation in nature. In *Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition*, (Eds Cadisch, G. and Giller, K.E.) Department of Biological Sciences, Wey College. University of London. UK.
- Hong TD, Linington S, Ellis RH. 1996. Seed storage behaviour: a compendium. *Handbooks for Genebanks*
- Islami, T. dan W. H. Utomo, 1995. *Hubungan tanah air dan tanaman*. IKIP Semarang Press. Semarang.

- Kertonegoro, B. D. 1993. Upaya konservasi lengas pada tanah pasiran marginal menggunakan tanah lempungan tipe. *Dalam* Prosiding Seminar Pengelolaan tata Air dan Pemanfaatan dalam Satu Kesatuan Toposekuens.
- Ma'shum, M ; J. Soedarsono dan L. N. Susilowati. 2003. Biologi Tanah. CPIU Pasca IAEUP Bagpro Peningkatan Kualitas Sumberdaya Manusia, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta.
- Manan S. 1978. Masalah Pembinaan Kelestarian Ekosistem Hutan. Departemen Manajemen Hutan. Fakultas Kehutanan. Bogor: IPB.
- Manurung. R. 2002. Mineralisasi N dan P dari Campuran Pangkasan *Thitonia diversivolia* dan *Lantana camara* L pada Tanah Berkapur DAS Brantas Hulu, Malang Selatan. Skripsi S-1. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya, Malang.
- Mason, CF. 1977. Decomposition. The Institute of Biology.s Studies in Biology No. 74. Edward Arnold. London.
- Op den Camp, R.H.M. 2012. Non legume *Parasponia andersonii* deploys a broad Rhizobium host range strategy resulting in largely variable symbiotic effectiveness. *Mol. Plant Microbe Interact.* 25, 954–963
- Orwa C, A Mutua, Kindt R , Jamnadass R, S Anthony. 2009. Agroforestry Database:a tree reference and selection guide version 4.0 (<http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>) diakses 10 mei 2016.
- Palm, CA dan Sanchez, P.A. 1991. Nitrogen Release From some Tropical Legumes As Affected By Lignin and Polyphenol Contents. *Soil Biology and Biochemistry*
- Smith, C.A. 1953. National Museum of Natural History, Department of Botany. [Online]. Available at http://eol.org/data_objects/20039229 (verified 1 Agustus 2017)
- Soepardi G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Diktat kuliah Dasar-dasar Ilmu Tanah.
- Stevenson, F.T. 1982. Humus Chemistry. John Wiley and Sons, Newyork.
- Suriadikarta, D.A., Abdullah Abbas Id., Sutono, Dedi Erfandi, Edi Santoso, A. Kasno. 2010. Identifikasi sifat kimia abu volcano, tanah dan air di lokasi dampak letusan gunung merapi. Balai Penelitian Tanah, Bogor
- Sutedjo, M.Ma., A. G. Kartasapoetra, Rd. S. Sastroatmodjo. 1991. Mikrobiologi Tanah. PT Rineka Cipta. Jakarta.



Tian, G., B. T. Kang dan Brussand. 1992. Soil Biology and Biochemistry: Biological Effects of Plant Residues with Contrasting Chemical Compositions and Nutrient Release.

Trinick, M.J., and Hadobas, P.A. 1989. Competition by *Bradyrhizobium* Strains for Nodulation of the Nonlegume *Parasponia andersonii*. Appl. Environ. Microbiol. 55:1242-1248

Wartha, Y. 2014. Ketersediaan P Tanah dan Pertumbuhan Pohon pada Sistem Agroforestri Paska Erupsi Gunung Kelud. Studi Kasus pohon penghijauan asal kebun bibit rakyat.

Yuliprianto, Hieronymous. 2010. Biologi Tanah Dan Strategi Pengelolaannya. Graha Ilmu. Jakarta

