



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

POPULASI DAN AKTIVITAS MIKROORGANISME TANAH BEKAS TAMBANG BATUBARA PADA BEBERAPA UMUR REVEGETASI SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA. L*) DI SAWAHLUNTO

SKRIPSI



**PUTRI UTAMI
1110213028**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2015**

**POPULASI DAN AKTIVITAS MIKROORGANISME TANAH
BEKAS TAMBANG BATUBARA PADA BEBERAPA UMUR
REVEGETASI SENGON (*Paraserianthes falcataria. L*)
DI SAWAHLUNTO**

Oleh :

PUTRI UTAMI
1110213028

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar sarjana pertanian**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2015**

**POPULASI DAN AKTIVITAS MIKROORGANISME TANAH
BEKAS TAMBANG BATUBARA PADA BEBERAPA UMUR
REVEGETASI SENGON (*Paraserianthes falcataria. L*)
DI SAWAHLUNTO**

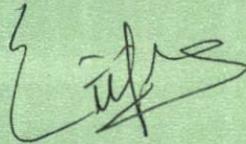
SKRIPSI

Oleh:

PUTRI UTAMI
1110213028

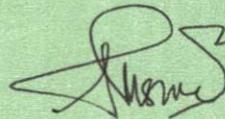
MENYETUJUI:

Dosen Pembimbing I



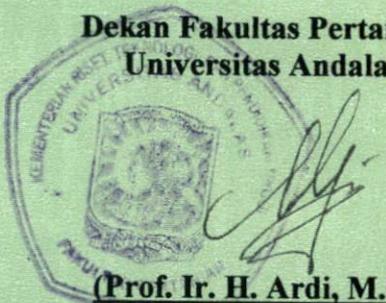
(Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin, MS)
NIP : 195308281980102001

Dosen Pembimbing II



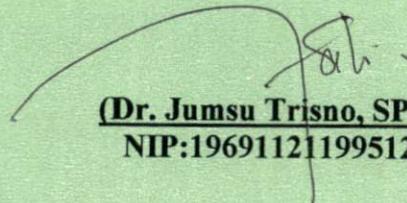
(Ir. Lusi Maira, MAgrSc)
NIP: 196405281990032001

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas**



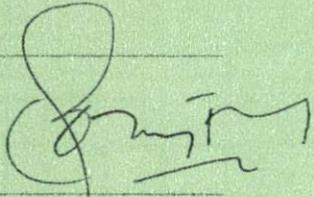
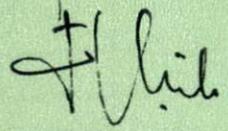
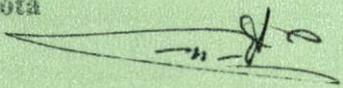
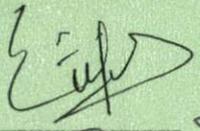
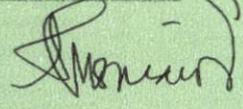
(Prof. Ir. H. Ardi, M.Sc)
NIP: 195312161980031004

**Ketua Program Studi
Agroekoteknologi**



(Dr. Jumsu Trisno, SP, M.Si)
NIP:196911211995121001

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia Ujian Sarjana Fakultas Pertanian Universitas Andalas, tanggal 26 Oktober 2015.

No.	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1	Prof. Dr. Ir. Yulnafatmawita, MSc	Ketua	
2	Ir. Oktanis Emalinda, MP	Sekretaris	
3	Dr.Ir. Teguh Budi Prasetyo, MS	Anggota	
4	Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin, MS	Anggota	
5	Ir. Lusi Maira, MAgrSc	Anggota	





Dengan nama Allah yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain. Dan hanya kepada Rabb-mulah kamu berharap. “ QS. Al-Insyirah : 1-8

Alhamdulillahirabbil'alamin.....

Puji syukur ku ucapkan hanya pada-Mu Ya Allah, atas kebesaran-Mu semua ini terwujud. moment yang kunantikan sekian tahun akhirnya dapat ku raih. Perasaan lega dan haru menghiasinya, setiap proses yang telah kulalui menjadi pelajaran yang sangat berharga bagiku hingga aku sampai pada persimpangan ini. Terima kasih atas hari yang telah Engkau janjikan untuk menjadi milikku. Segelintir harapan dan keberhasilan telah ku gapai, namun ku sadar ini awal yang baru tuk melangkah meraih cita-cita, maka ku mohon pada-Mu masa depan yang gemilang dan berkah, Aamiin.....

Dengan setulus hati ku persembahkan buah karya ini untuk orang yang paling ku cinta dan ku sayang di dunia ini Mama (Henti Elmida) dan Papa (DN.Mulia), yang telah menjadi semangat terbesar di hidup ku dan adik ku (Jeni) serta keluarga besarku.

Skripsi ini tidak bisa tersusun dengan baik tanpa bimbingan dari wanita-wanita hebat ini, Terima kasih pembimbing ku Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin, MS dan Ir. Lusi Maira, MAgrSc.

Terima kasih untuk teman, abang dan adik ku....

PSDLL 08, 09, 010, 011 (sari pw, isil, sindy, adek, mela, imar, idel, sari suges, zilla, ratih, tiara, helen, jiji, diana, bahen, stefan, iim, erik) terima kasih atas kebersamaannya, yang masih berjuang tetap semangat Agroekoteknologi dan Keluarga besar HIMAgrETA yang memberikan kebahagiaan tersendiri Sohib dan cucu tueer (Nia, imel, teddy, mirza, zaky, wahyu, tika, epi, keke, titi, uji, susi, uci, rizky dll dan partai kosan Inyak (K'Aan, juliana, widya, tya) terimakasih semangatnya Terimakasih untuk semua yang telah mensupport dan menghibur ku dikala gundah dan untuk semua pihak yang telah membantu

BIODATA

Penulis dilahirkan di Solok, pada tanggal 19 Oktober 1992 sebagai anak pertama dari dua orang bersaudara, dari pasangan DN. Mulia dan Henti Elmida. Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 20 Dadok Tunggul Hitam Padang (2000-2004) dan SDN 06 Padang Pasir Padang (2004-2005). Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 25 Padang (2005-2008). Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA Adabiah Padang, lulus pada tahun 2011. Pada tahun 2011 diterima di Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Salawat dan salam atas Nabi Muhammad SAW, beserta para sahabat dan keluarga, yang telah menghantarkan Islam sebagai agama penyelamat bagi seluruh umat manusia.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang berjudul “ **Populasi dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah Bekas Tambang Batubara Pada Beberapa Umur Revegetasi Sengon (*Paraserianthes falcataria. L*) Di Sawahlunto** “. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Mei sampai Agustus 2015 di Lahan Revegetasi Tambang Batubara PT. Allied Indo Coal Jaya Sawahlunto, Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah dan Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Univeritas Andalas Padang. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih banyak kepada Ibu Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin, MS dan Ibu Ir. Lusi Maira, MAgrSc selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan petunjuk dan arahan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan skripsi ini. Terima kasih juga disampaikan kepada seluruh dosen serta teman-teman yang telah memberikan dorongan, semangat, bantuan selama penulis menempuh pendidikan di Fakultas Pertanian Universitas Andalas ini. Serta tidak lupa kepada PT. Allied Indo Coal Jaya yang telah berkenan memberikan izin dan data-data.

Semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua demi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dibidang pertanian terutama ilmu tanah.

Padang, November 2015

P.U

DAFTAR ISI

	<u>Halaman</u>
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
ABSTRAK	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Tambang Batubara PT Allied Indo Coal Jaya Sawahlunto.....	7
B. Mikroorganisme Dan Peranannya Pada Lahan Bekas Tambang Batubara	9
C. Reklamasi dan Revegetasi serta Pemanfaatan Sengon	14
BAB III METODE PENELITIAN	16
A. Waktu dan Tempat	16
B. Bahan dan Alat	16
C. Metoda penelitian	16
D. Pelaksanaan penelitian	16
E. Pengolahan data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
A. Kondisi Umum Daerah Penelitian	21
B. Hasil Analisis Kimia Tanah	24
C. Hasil Analisis Mikro Biologi Tanah	28
D. Morfologi Koloni Mikroorganisme Tanah	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

<u>Tabel</u>	<u>Halaman</u>
1. Jumlah titik sampel pengamatan masing-masing satuan lahan.....	17
2. Data curah hujan (mm/bulan) di Pengelolaan Sumber Daya Air.....	23
3. Temperatur tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan Bekas tambang batubara	24
4. Hasil data analisis kimia tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara	24
5. Hasil analisis total populasi bakteri dan jamur tanah pada Beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang Batubara, Sawahlunto	28
6. Hasil analisis Respirasi (CO ₂) mikroorganisme tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara,Sawahlunto	34
7. Hasil analisis biomassa C tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto	36

DAFTAR GAMBAR

<u>Gambar</u>	<u>Halaman</u>
1. Seri pengenceran untuk biakan jamur 10^{-5} dan bakteri 10^{-7}	18
2. Tahapan kegiatan pengambilan sampel tanah untuk pengamatan di laboratorium	20
3. Areal Disposasi (tanpa vegetasi)	21
4. Areal revegetasi sengon	22
5. Kondisi areal revegetasi sengon umur 23 (1992)	22
6. Total populasi bakteri dari beberapa umur revegetasi sengon di lahan Bekas tambang batubara, Sawahlunto	29
7. Diagram total populasi bakteri tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)	30
8. Hubungan antara umur revegetasi dengan total populasi bakteri ($\times 10^7$ cfu/g tanah)	31
9. Total populasi jamur dari beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)	32
10. Diagram total populasi jamur tanah dengan beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)	33
11. Hubungan antara umur revegetasi dengan total populasi jamur tanah ($\times 10^5$) cfu/g tanah)	33
12. Diagram respirasi tanah dengan beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)	35
13. Hubungan antara umur revegetasi dengan respirasi tanah ($\text{mgCO}_2/\text{g}/\text{m}^2/\text{hari}$)	36
14. Diagram biomassa C (%) tanah pada beberapa umur revegetasi Sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)	37
15. Hubungan antara umur revegetasi dengan biomassa C mikroorganisme tanah(%)	38

DAFTAR LAMPIRAN

<u>Lampiran</u>	<u>Halaman</u>
1. Jadwal kegiatan penelitian	47
2. Bahan yang digunakan untuk analisis tanah di laboratorium	48
3. Alat - alat yang digunakan di lapangan.....	49
4. Metode analisis di lapangan dan laboratorium	51
5. Kriteria penilaian sifat kimia tanah	57
6. Identifikasi jamur yang diperoleh dari penelitian sebelumnya	58
7. Morfologi koloni bakteri dan jamur tanah lahan revegetasi	59
8. Korelasi (R^2) antara umur revegetasi dengan populasi mikroorganismen tanah dan beberapa sifat kimia tanah	61
9. Situasi aktual lokasi penelitian (Juli 2015).....	62
10. Peta pengambilan titik sampel	63

**POPULASI DAN AKTIVITAS MIKROORGANISME TANAH BEKAS
TAMBANG BATUBARA PADA BEBERAPA UMUR REVEGETASI
SENGON (*Paraserianthes falcataria. L*) DI SAWAHLUNTO**

ABSTRAK

Penelitian tentang populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah bekas tambang batubara pada lima tingkatan umur revegetasi Sengon telah dilaksanakan di wilayah izin tambang milik PT. Allied Indo Coal Jaya Sawahlunto dan telah dianalisis di Laboratorium Jurusan Ilmu Tanah, Laboratorium Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas dari bulan Mei sampai bulan Agustus 2015. Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) untuk mengetahui distribusi populasi mikroorganisme tanah khususnya bakteri dan jamur pada beberapa umur revegetasi sengon, 2) untuk mengetahui keterkaitan hubungan umur revegetasi sengon terhadap jumlah populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah dan beberapa sifat kimia tanah. Data hasil penelitian ini diuji menggunakan uji F dan dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 5 % jika F hitung berbeda nyata atau F hitung > F tabel serta digunakan analisis korelasi untuk melihat hubungan umur revegetasi dengan sifat biologi dan kimia tanah. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah menunjukkan kecenderungan peningkatan seiring dengan meningkatnya umur revegetasi sengon, namun pengaruhnya berbeda tidak nyata. Terdapat juga korelasi positif ($p < 0.05-0.01$) antara umur revegetasi dengan sifat biologis tanah dan beberapa sifat kimia tanah.

Kata kunci : populasi, mikroorganisme tanah, revegetasi, sengon, lahan bekas tambang.

MICROORGANISM POPULATION AND ACTIVITIES OF COAL-MINE TAILING SOIL UNDER SOME AGES OF SENGON (*Paraserianthes falcataria. L*) IN SAWAHLUNTO

Abstract

A research on microorganism population and activities at coal-mine tailing soil revegetated by sengon at five levels of crop age was conducted at mining site in PT Allied Indo Coal Jaya in Sawahlunto. The soil samples were analyzed in soil laboratory as well as in plant protection laboratory, Agriculture Faculty, Andalas University from May until August 2015. The purpose of this research was (1) to identify distribution of microorganism population especially bacteria and fungi at different crop ages (2) to determine relationship between crop ages and soil microorganism population and activities as well as some soil chemical properties. Data resulted were analyzed the variance at 5% level of significance, and then continued using HSD at 5% level of significance if $F_{\text{calculated}} > F_{\text{table}}$. In addition, the correlation between revegetation ages and soil biological and chemical properties was also determined. The data resulted showed that there was no significant difference between the age of sengon and microorganism population and activities. However, there was a tendency of increase in microorganism population and activities as the crop age increased. Then, there was a positive correlation ($p < 0.05-0.01$) between crop age and soil chemical as well as biological properties.

Key word : population, soil microorganism, revegetation, sengon, coal-mine tailing

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki kekayaan alam yang melimpah akan sumber daya tambang. Kamus Besar Bahasa Indonesia (2012) menyatakan bahwa pertambangan yaitu pekerjaan yang berkenaan dengan lubang dalam tanah tempat menggali hasil dari dalam bumi berupa bijih logam, batubara dan sebagainya. Sektor industri ini telah memberikan kontribusi yang besar dalam meningkatkan perekonomian nasional. Perkembangan pertambangan di Indonesia sangat tinggi dan memegang peranan penting dalam kegiatan industri, salah satunya adalah tambang batubara. Di Indonesia penyebaran lahan tambang batubara cukup banyak dan melimpah, salah satunya di Sawahlunto, Sumatra Barat.

Widyati (2007) menyatakan kecenderungan naiknya peranan batubara dalam penyediaan energi nasional yang diperkirakan mencapai 39,6% pada tahun 2020 akan menjadi problem lingkungan yang cukup serius ke depannya. Hal ini tampak pada berbagai aktivitas pertambangan batubara yang sangat identik dengan kegiatan perusakan alam dan lingkungan. Menurut Adman (2012) dampak lingkungan akibat penambangan dapat berupa penurunan produktivitas tanah, pemadatan tanah, erosi dan sedimentasi, gerakan tanah dan longsor, gangguan terhadap flora dan fauna, gangguan terhadap keamanan dan kesehatan penduduk serta perubahan iklim mikro. Banyak lahan pasca tambang batubara yang dibiarkan setelah dilakukan eksploitasi. Terutama pada lahan tambang terbuka, apabila lahan tersebut tidak direhabilitasi akan mengakibatkan lahan mati dan merusak ekosistem yang ada.

Tambang terbuka (*opened pit mining*) merupakan sistem pertambangan yang umum digunakan pada kegiatan ekstraksi batubara di Indonesia tetapi ada juga sebagian yang melakukan tambang tertutup. Hal ini disebabkan karena cadangan batubara di Indonesia umumnya terletak dekat dengan permukaan tanah, sehingga pertambangan terbuka merupakan cara yang paling ekonomis (Widyati, 2007).

Pertambangan selalu mempunyai dua sisi yang saling berlawanan, yaitu sebagai sumber kemakmuran sekaligus merusak lingkungan yang sangat potensial. Biasanya areal bekas timbunan batubara ini dalam beberapa tahun pertama sulit ditumbuhi vegetasi karena berbagai macam kendala, seperti kendala sifat kimia, fisika dan biologi yang telah rusak. Tanah galian batubara umumnya tersusun terbalik dari susunan awalnya. Tanah lapisan atas (*top soil*) berada di bawah tanah lapisan bawah (*sub soil*). Umumnya bahan-bahan ini ditumpuk diatas tanah-tanah yang produktif sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan produktivitas tanah (Margarretha, 2010). Dalam proses ini juga akan terangkat bahan sulfidik karena batuan terbentuknya batubara di Indonesia umumnya tersusun atas mineral sulfidik, ini merupakan beberapa kendala sifat kimia tanah yang umumnya ditemukan pada tanah bekas tambang batubara.

Senyawa sulfidik yang teroksidasi dan melepaskan sulfat sehingga pH menjadi rendah dikenal dengan peristiwa AMD (*acid mine drainage*). Dari peristiwa AMD ini akan terbentuk akumulasi logam dan hal ini yang dianggap sebagai penyebab rendahnya upaya revegetasi. Kondisi pH yang sangat rendah menyebabkan unsur hara makro yang ditambahkan melalui pemupukan menjadi tidak efektif (Widyati, 2006). Selain itu kekahatan unsur hara essensial seperti nitrogen dan fosfor, toksisitas mineral, dan kemasaman tanah merupakan kendala umum dan utama yang ditemui pada tanah bekas kegiatan pertambangan (Delvian, 2004), sehingga pada lahan bekas tambang pada umumnya akan terbentuk akumulasi logam dan AMD dianggap merupakan penyebab rendahnya revegetasi. Keadaan ini akan menurunkan aktivitas mikroorganisme tanah sehingga hanya semak belukar yang dapat tumbuh karena kesuburan tanahnya rendah.

Selain kendala kimia diatas, kendala fisik yang di hadapi yakni tanah terlalu padat, struktur tanah tidak mantap, aerasi dan drainase tanah buruk, serta kemampuan meresap air lambat. Bila sifat kimia dan fisik tanah tidak baik, maka akan berdampak pada biologis tanah, karena pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme (organisme) tergantung pada keadaan tanah sebagai tempat hidupnya. Mikroorganisme merupakan organisme yang banyak mempengaruhi kesuburan tanah karena berfungsi merombak bahan organik tanah dan mampu meningkatkan kesuburan tanah. Konsekuensinya adalah diperlukan tindakan

pengelolaan yang tepat untuk tanah bekas tambang batubara agar dapat di manfaatkan sebagaimana mestinya, salah satunya dengan tindakan reklamasi dan revegetasi. Sehingga hutan terbentuk kembali dan dapat memperbaiki ekosistem kembali.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 76 Tahun 2008 tentang Rehabilitasi dan Reklamasi Hutan mengharuskan setiap perusahaan tambang untuk melakukan revegetasi pada lahan-lahan kritis bekas tambang. Tindakan revegetasi tersebut dilakukan dengan menanam tanaman pionir pada lokasi-lokasi yang sudah selesai ditambang meskipun aktivitas pertambangan secara keseluruhan masih berjalan. Tujuan dari reklamasi tersebut adalah untuk meningkatkan produktivitas lahan bekas tambang antara lain dengan dialihfungsikan untuk produksi tanaman pertanian (Hermawan, 2011). Sudah semestinya setelah reklamasi kemudian dilakukan revegetasi. Salah satu perusahaan tambang batubara yang sudah melaksanakan kegiatan revegetasi yaitu PT. Allied Indo Coal Jaya.

PT. Allied Indo Coal Jaya (AICJ) adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara di Sawahlunto, Sumatra Barat (tepatnya di Desa Salak, Kecamatan Talawi) dan termasuk perusahaan tambang yang sukses dalam melaksanakan kegiatan Reklamasi dan Revegetasi lahan tambang batubara di Sawahlunto. Secara geografis terletak pada titik koordinat $0^{\circ}35'55''$ - $0^{\circ}36'50''$ LS dan $100^{\circ}47'00''$ - $100^{\circ}48'10''$ BT. Aktivitas penambangan dimulai pada tahun 1985, sedangkan untuk kegiatan reklamasi dan revegetasi lahan dilaksanakan sejak tahun 1990 hingga 2015. Revegetasi lahan telah dilakukan didaerah ini dengan menanam tanaman pionir diantaranya : Sengon (*Paraserianthes*), Petai cina/Lamtoro (*Leucaena leucocephala*), Mahoni (*Swietenia mahagoni*), Akasia (*Acacia crassicarpa*), Jambu mete (*Anacardium occidentale. L*), Rotan (*Calamus rotang*) dan Melinjo (*Gnetum gnemon*). Luas lahan yang sudah di revegetasi sebanyak 210 ha dari total keseluruhan 372 ha. Sistem penambangan di PT. AIC ada 2 yaitu terbuka dan tertutup (PT. Allied Indo Coal Jaya, 2015).

Sengon menjadi perhatian dalam kegiatan penelitian ini, selain dari segi ekonominya dimana kayu sengon ini memiliki harga jual yang tinggi, sengon

memiliki nodul akar yang berfungsi dalam fiksasi N_2 , memiliki akar tunggang yang cukup kuat menembus kedalam tanah dan rambut akar tidak terlalu besar, tidak rimbun dan tidak menonjol ke permukaan tanah. Akar rambutnya berfungsi untuk menyimpan Nitrogen, oleh sebab itu tanah di sekitar pohon sengon menjadi subur (Hartoyo, 2010). Dalam pertumbuhannya, sengon memiliki kelebihan dibandingkan pohon budidaya kayu lainnya. Pohon sengon dapat tumbuh di tanah marginal sampai tanah yang banyak mengandung unsur hara. Tanaman sengon menyukai pH tanah yang netral. Kisaran pH ini penting diperhatikan mengingat pH tanah tersebut menentukan penyerapan unsur hara oleh tanaman. Diperkirakan sengon dapat tumbuh pada lahan marginal disebabkan pohon sengon memiliki bintil akar atau nodul akar, sehingga akar sengon dapat berfungsi untuk menyimpan nitrogen dan menjadi pohon yang cocok untuk penghijauan dan rehabilitasi lahan kritis (Rossiana, 2003).

Sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Sari (2011) terkait keberhasilan sengon sebagai tanaman revegetasi lahan eks tambang, dinyatakan bahwa tanaman sengon dapat tumbuh lebih baik daripada tanaman lainnya seperti lamtoro dan tetap dapat tumbuh dengan baik walaupun saat musim kemarau.

Pengamatan perlu dilakukan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh umur revegetasi terhadap perkembangan populasi mikroorganisme, biomassa C mikroorganisme tanah dan respirasi tanah di lokasi ini. Adanya upaya revegetasi dengan tanaman sengon di tanah bekas tambang batubara, diharapkan dapat memperbaiki sifat biologis tanah serta beberapa sifat kimia sehingga bisa mengembalikan kesuburan tanah. Di dalam tanah, mikroorganisme berperan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah yaitu jamur dan bakteri.

Menurut Hindersah dan Sinarmata (2004) pada ekosistem horizon perakaran yang sehat akan dihuni oleh organisme yang menguntungkan dengan memanfaatkan substrat organik dari bahan organik atau eksudat tumbuhan sebagai sumber energi dan nutrisinya. Pada kondisi *rill* mikroba (mikroorganisme) memiliki peranan penting dalam memperbaiki agregat tanah sehingga semakin meningkatnya aktivitas mikroba, semakin baiknya agregat tanah sehingga dapat dimanfaatkan untuk lahan pertanian oleh masyarakat setempat. Sari *et al.*, (2009)

menginformasikan dari beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa mikroba tanah berupa *Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA)* adalah salah satu mikroba yang mendapat perhatian dari ahli lingkungan dan di harapkan dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan , meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama yang ditanam pada lahan bekas tambang. Jamur *Aspergillus sp.* juga terbukti berpengaruh terhadap perubahan kimia tanah lahan pasca tambang batubara seperti meningkatkan kandungan C-Organik dan N-total. Di perkuat lagi dari penelitian yang telah dilakukan Widyawati (2008) mengenai bakteri yang berhasil diidentifikasinya pada tanah bekas penambangan batubara yang telah terbukti efektif untuk melepaskan logam-logam komersial antara lain *T.ferrooxidans* dan *L.ferrooxidans*, *Pseudomonas pseudoalcaligenes* yang dapat menurunkan ketersediaan C/N pada kolam *tailing*. Untuk mendegradasikan merkuri (Hg) beberapa mikroba dikenal mempunyai enzim merkuri reduktase misalnya *Pseudomonas putita*, *Geobacter metallireducens*, *Shewanella putrefaciens*, *Desulfovibrio desulfuricans* dan *D. Vulgaris*. Kedua spesies terakhir adalah kelompok bakteri pereduksi sulfat (BPS).

Pengamatan kondisi biologis tanah pada lahan revegetasi di daerah pertambangan batubara di Sawahlunto ini belum dilakukan sebelumnya. Evaluasi biologi tanah dipandang penting guna mengetahui kualitas suatu tanah (Sariffuddin, 2004) yaitu dengan mempelajari kondisi biologis tanah suatu lahan (Rao, 1994). Evaluasi biologis tersebut dapat dilakukan dengan mempelajari jumlah populasi dan aktivitas mikroorganisme (Paul dan Clark, 1989; Nyle, 1999), karena mikroorganisme tanah memiliki jumlah populasi paling besar dan banyak berperan penting dalam berbagai daur hara di dalam tanah (Rao, 1994).

Oleh sebab itu dilakukan pengamatan terhadap populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah pada lahan revegetasi yang ditanami sengon dari beberapa tingkatan umur yang berbeda. Dari beberapa permasalahan serta uraian di atas maka telah dilakukan penelitian dengan judul **“Populasi dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah Bekas Tambang Batubara pada Beberapa Umur Revegetasi Sengon (*Paraserianthes falcataria. L*) di Sawahlunto “**.

B. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini yaitu (a) untuk mengetahui distribusi populasi mikroorganisme tanah khususnya bakteri dan jamur pada beberapa umur revegetasi sengon dan (b) untuk mengetahui keterkaitan hubungan umur revegetasi sengon terhadap jumlah populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah dan beberapa sifat kimia tanah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Tambang Batubara PT. Allied Indo Coal Jaya Sawahlunto

World Coal Institute (2005) *cit* Wahyuni (2013) menyatakan salah satu jenis penambangan adalah batubara (*coal*) yang merupakan sedimen mineral organik dengan komposisi utama yang terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen. Batubara telah memainkan peran yang penting selama berabad-abad, tidak hanya pembangkit listrik tetapi juga merupakan bahan bakar utama bagi produksi baja dan semen, serta kegiatan-kegiatan industri lainnya.

Sistem penambangan batubara di Indonesia umumnya dilaksanakan dengan cara tambang terbuka (*open pit mining*), dengan metoda gali-isi kembali yang disesuaikan dengan kondisi cadangan dan kualitas struktur geologi batubara yang ada (Darmawan dan Irawan, 2009). Penambangan dengan sistem tambang terbuka (*open pit mining*) dilakukan dengan cara pengupasan tanah penutup bahan tambang. Tanah penutup dikeluarkan dari areal tambang dan bahan tambang digali dan diangkut keluar. Setelah seluruh bahan tambang dikeluarkan, maka terjadi sisa lubang-lubang galian berupa kolong-kolong. Pada perusahaan yang memiliki izin Kuasa Penambangan (KP), kolong-kolong lubang galian ini ditimbun kembali dengan tanah yang diambil dari tanah sekitar ataupun dari tanah penutup sebelumnya. Apabila penutupan kembali ini dilakukan kurang tepat, maka tanah lapisan atas yang memiliki kesuburan tinggi bercampur dengan tanah lainnya atau tertimbun di bagian bawah. Sebaiknya tanah lapisan bawah (*sub soil*) yang tidak subur tetap berada di lapisan bawah bukan pada *top soil*. Daya dukung tanah bekas sistem pertambangan terbuka konvensional ini menjadi rendah bahkan struktur tanah rusak (Subowo, 2011).

Widyati (2007) menyatakan formasi batuan tempat terbentuknya batubara di Indonesia umumnya tersusun atas mineral sulfidik. Mineral ini ketika bersinggungan dengan udara dan atau air akan cepat teroksidasi menghasilkan asam sulfat. Karena asam sulfat merupakan asam yang sangat kuat, maka pH tanah akan mengalami penurunan secara drastis. Hasil pengukuran pada tanah bekas tambang batubara PT. Bukit Asam mempunyai pH 2,8-3,2.

Aktivitas tambang batubara hanya menggunakan lahan untuk sementara waktu, sehingga penting dilakukan reklamasi lahan segera setelah kegiatan penambangan dihentikan. Reklamasi merupakan suatu proses mengupayakan lahan bekas tambang agar dapat digunakan kembali untuk tujuan lain yang bermanfaat setelah tambang ditutup (World Coal Institute, 2005 *cit* Wahyuni, 2013).

PT Allied Indo Coal Jaya berdiri pada tahun 1985 sesuai dengan perjanjian PKP2B batubara bahwa luas lahan yang boleh ditambang adalah 844 Ha. Perjanjian ini diperbaharui pada tahun 2008 KP seluas 372 Ha. Sampai saat ini perjanjian diperbaharui pada tahun 2010 IUP seluas 372 Ha. Setiap tambang yang mau membuka usaha pertambangannya dengan IUP (Izin Usaha Pertambangan) dan IUP Khusus (IUPK) harus terlebih dahulu menyerahkan reklamasi dan rencana pasca tambang pada saat mengajukan permohonan IUP ataupun IUPK.

Pertambangan di PT AICJ dibedakan atas 2 jenis: a) Penambangan terbuka (*open mining*) menghasilkan bahan-bahan non batubara dalam jumlah besar yang ditimbun di tempat lain (*overburden*). bahan-bahan tersebut terdiri atas campuran tanah bagian atas (horizon A dan B) dan bahan induk tanah seperti batu liat (*clay stone*), batu lanau (*silt stone*), batu pasir (*sand stone*) atau tufa volkan yang memiliki sifat tanah buruk dan sering mengandung unsur-unsur kimia beracun. Terdapat di Sentral Timur dengan sistem *Back Filling*, b) Penambangan dalam dilakukan dengan menggali terowongan yang langsung menuju pusat tambang batu bara dengan cara menggali dan menyangga galian dengan tiang besi. Terdapat di Sentral Barat dengan sistem *Long wall*.

Lahan tambang PT AICJ telah dilakukan berbagai aspek yang ramah lingkungan, salah satunya, pengelolaan air pencucian batubara. sebelum air dilepas ke sungai terlebih dahulu dilakukan pengendapan di kolam pengendapan yaitu kolam bawah tanah untuk penambangan dalam dan kolam sending pool untuk penambangan luar kemudian bergabung di kolam pengendapan dan dilakukan pengecekan tiap minggunya. Dalam pengukuran pH air, sampel dibawa ke laboratorium air. Jika pH normal, air dapat dialirkan ke sungai. Tetapi sangat sulit menetralkan air tambang ini karena tercemar bahan kimia peledak. Hal ini disebabkan karena tanah dari hasil lekadan masih terdapat bahan kimia, sehingga

saat hujan air akan masuk ke tanah dan mengalir ke sungai yang dapat mengangkut bahan aktif.

B. Mikroorganisme dan Peranannya Pada Lahan Bekas Tambang Batubara

Mikroorganisme tanah penting dalam kesuburan tanah karena berperan dalam siklus energi, siklus hara, dalam pembentukan agregat tanah, menentukan kesehatan tanah (*suppressive/conductive* terhadap munculnya penyakit tular tanah-*soil borne* pathogen) (Rao, 1994). Mikroorganisme merupakan suatu kelompok organisme yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang, sehingga diperlukan alat bantu untuk dapat melihatnya seperti mikroskop dan lop. Mikroorganisme dapat disebut mikroba atau jasad renik (Waluyo, 2009).

Di dalam tanah hidup berbagai jasad renik (mikroorganisme) yang melakukan berbagai kegiatan yang menguntungkan bagi kehidupan makhluk lainnya (Sutedjo, *et al.*, 1991). Mikroorganisme adalah jasad atau biota yang berukuran kecil dari 2 mikron, tidak bisa di lihat dengan mata biasa tapi harus menggunakan mikroskop. Dalam tanah yang paling besar jasanya terhadap tingkat kesuburan tanah adalah mikroorganisme tanah. Peranan utama mikroorganisme tanah adalah untuk mengubah bahan organik, baik segar maupun setengah segar atau sedang melapuk, sehingga menjadi bentuk senyawa lain yang bermanfaat bagi kesuburan tanah (Hakim *et al.*, 1986). Keberadaan mikroorganisme tanah sangat penting terutama sebagai aktivitas pendaur ulang unsur-unsur hara. Tanpa kehadirannya maka unsur-unsur tersebut tetap terperangkap terus dalam jaringan tanaman dan hewan sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Prasetyo, 1997).

Menurut Ardi (2009) mikroorganisme di alam secara umum berperan sebagai produsen maupun konsumen. Jasad produsen menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan energi sinar matahari. Mikroba yang berperan sebagai produsen adalah algae dan bakteri fotosintetik. Jasad konsumen menggunakan bahan organik yang dihasilkan oleh produsen. Contoh mikroba konsumen adalah protozoa. Jasad produsen menguraikan bahan organik dan sisa-sisa jasad hidup yang mati menjadi unsur-unsur kimia (mineralisasi bahan organik), sehingga terjadi siklus unsur-unsur kimia. Contoh mikroba produsen adalah bakteri dan jamur (fungi)

Rao (1994) mengemukakan mikroorganisme tanah dapat dibedakan atas bakteri, jamur, alga, virus dan protozoa. Diantara jenis-jenis tersebut, bakteri dan jamur merupakan populasi terbesar di dalam tanah. Bakteri merupakan kelompok mikroorganisme dalam tanah yang paling dominan dan meliputi separoh dari biomassa mikroba dalam. Bakteri terdapat dalam segala macam tipe tanah tetapi populasinya menurun dengan bertambahnya kedalaman tanah dalam kondisi anaerob, bakteri mendominasi tempat dan melaksanakan kegiatan mikrobiologi dalam tanah karena jamur dan aktinomicetes tidak dapat tumbuh baik tanpa adanya oksigen.

Perkembangbiakan bakteri tanah sangat cepat pada kondisi kesuburan tanah yang baik. Ukuran bakteri yang terbesar tidak lebih dari 4-3 mikron, sedangkan ukuran terkecil hampir sama dengan liat. Bakteri memiliki flagel, flagel yang dimiliki bakteri digunakan untuk berenang dalam larutan tanah, bentuknya beragam yaitu bentuk batang, bulat atau spiral (Hakim *et al.*, 1986).

Menurut Rao (1994) bakteri tanah yang paling umum ditemukan termasuk dalam genus *Pseudomonas*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Sarcina*, dan *Mycobacterium*. Tidak mudah untuk menentukan populasi total bakteri secara tepat pada suatu tanah. Selain adanya keterbatasan dalam pelarutan tanah dan metode yang digunakan, jumlahnya beragam tergantung tekstur, kandungan air dan banyak parameter lainnya terutama ketersediaan substrat organik dalam tanah.

Golongan jamur di dalam tanah, merupakan populasi terbesar setelah bakteri. Ciri khas yang dimiliki jamur yakni benang-benang tunggal atau bercabang yang disebut dengan hifa. Husin (1994) menyatakan bahwa, baik jamur tingkat tinggi maupun tingkat rendah, tubuhnya mempunyai ciri khas, yaitu berupa benang tunggal yang disebut miselium, kecuali ragi yang tubuhnya berupa sel-sel tunggal. Ciri ke dua adalah tidak mempunyai klorofil. Diameter miselium rata-rata antara 3-50 mikron dan biasanya tidak bewarna walaupun spora sering ditemukan memiliki warna yang kuat.

Menurut Rao (1994) populasi jamur dalam tanah berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas bahan organik dalam tanah karena, kebanyakan jamur hidup heterofilik, yakni memperoleh asupan nutrisi dan energi dari senyawa

organik yang telah terbentuk. Ditambahkan oleh Schlegel dan Schmidt (1994) menyatakan bahwa dengan cara hidup yang demikian jamur mampu menghancurkan selulosa, zat pati, lignin dan berbagai senyawa organik lain yang mudah di dekomposisikan seperti protein dan gula.

Mikroorganisme tanah berperan penting dalam proses pelapukan bahan organik, sebagai agen penyakit dan ada yang hidup bersimbiosis dengan perakaran tertentu (Rao, 1994). Menurut Hakim *et al.*, (1986), mikroorganisme merupakan jasad hidup yang mempunyai ukuran sangat kecil, setiap sel tunggal mikroorganisme memiliki kemampuan untuk melangsungkan aktivitas kehidupan antara lain dapat mengalami pertumbuhan, menghasilkan energi dan memproduksi dengan sendirinya.

Bakteri dan fungi merupakan mikroorganisme yang paling penting dalam tanah yang berhubungan dengan dekomposisi dan siklus hara, selain itu menurut Ardi (2009), pada tanah – tanah yang mempunyai aerasi yang baik, bakteri dan fungi sangat dominan, sebaliknya bakteri sendiri terlibat hampir di semua proses biologi dan perubahan kimia dalam lingkungannya yang mengandung sedikit atau tanpa O₂.

Akibat hilangnya serasah dan lapisan *top soil* yang sudah teraduk pada lahan bekas tambang mengakibatkan sumber karbon bagi kehidupan mikroorganisme potensial juga menjadi berkurang. Kondisi ini menyebabkan menurunnya populasi mikroorganisme tanah. Hal ini akan menyebabkan secara tidak langsung mempengaruhi kehidupan tanaman yang tumbuh di atas permukaan tanah. Aktivitas mikroorganisme dapat menyediakan ketersediaan hara dan aktif dalam dekomposisi serasah dan bahkan dapat memperbaiki struktur tanah (Delvian, 2004).

Aktivitas biologis tanah paling tinggi ditemui pada daerah perakaran (*rhizosfer*). Hal ini disebabkan karena adanya eksudat yang dihasilkan oleh akar antara lain : asam-asam organik seperti asetat, butirat, fumarat dan laktat ; asam amino ; karbohidrat seperti fruktosa dan galaktosa ; faktor tumbuh seperti biotin dan nikotinat ; enzim seperti amilase dan fosfatase serta senyawa-senyawa lain yang termasuk sisa-sisa akar mati. Bahan-bahan eksudat tersebut berfungsi sebagai sumber energi, karbon, nitrogen, dan faktor tumbuh bagi mikroorganisme

tanah (Husin, 2000). Barber (1984) menambahkan, jumlah mikroorganisme lebih banyak pada horizon perakaran dibandingkan dengan tanah di luar horizon perakaran. Hal ini disebabkan oleh adanya eksudat akar dan adanya bahan - bahan dari daerah sekitar perakaran yang merupakan sumber energi bagi perkembangan mikroorganisme.

Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme tanah adalah kelembapan horizon perakaran, tekstur tanah, temperatur dan pH tanah. Sekeliling akar akan memberikan lingkungan fisik dan biologi yang baik. Pada horizon perakaran tumbuhan, partikel tanah mempunyai struktur yang lebih baik. Adanya struktur tanah yang baik, maka proses respirasi akan meningkat dan jumlah mikroorganisme akan meningkat, kelembapan akan baik, temperatur dapat dijaga pada suhu yang lebih konstan (Wirasti, 2012). Pengaruh mikroorganisme terhadap pertumbuhan tumbuhan akan berguna apabila dapat memanfaatkannya untuk meningkatkan produksi tumbuhan, mempertahankan kesuburan tanah dengan mengintroduksi mikroorganisme asing kedalam tanah dan meningkatkan aktivitas mikroflora asli (Imas *et al.*, 1989).

Mikroorganisme mempunyai banyak peran, baik yang menguntungkan maupun yang merugikan untuk makhluk di sekitarnya. Bakteri yang hidup di dalam tanah memegang peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, yang berhubungan dengan kemampuannya dalam mengikat Nitrogen dan mengubah amonium menjadi nitrat, sedangkan jamur yang hidup pada tempat yang lembab membutuhkan air untuk melarutkan bahan organik dan sebagai alat pengangkut makanan serta membantu difusi oksigen (Sutedjo, 1991). Widyati (2008) mengelompokkan peranan mikroorganisme di sekitar lahan bekas tambang sebagai berikut :

1. Sebagai biokatalisator AAT

Air asam tambang (AAT) terjadi karena adanya oksidasi mineral-mineral bersulfur yang merupakan sisa galian tambang terbuka dan melepaskan asam sulfat yang merupakan asam kuat sehingga akan menurunkan pH tanah secara drastis yang dapat meningkatkan kelarutan logam-logam (Tan, 1993). Biokatalisator merupakan katalisator organik yang dihasilkan oleh sel dari mikroba untuk memperbesar kecepatan reaksi. Menurunnya pH dan hilangnya

bahan organik (akibat penambangan terbuka) akan memacu inisiasi bakteri pengoksidasi sulfur (BOS) yang suka asam (acidophilic), menggunakan sumber karbon dari bahan anorganik dan menggunakan sumber energi dari oksigen. Kehadiran BOS akan memacu laju AAT menjadi 500.000-1.000.000 kali lipat dibandingkan dengan reaksi yang terjadi secara geokimia sehingga dalam hal ini kelompok mikroorganisme tersebut sangat merugikan bagi lingkungan tempat hidupnya (Widyati, 2008).

2. Sebagai agen reklamasi logam-logam

Pada lahan bekas tambang perubahan tanah (fisik, kimia, dan biologis) terjadi secara drastis, sehingga di dalam ekosistem tersebut mikroorganisme harus beradaptasi dengan lingkungan yang baru atau punah. Beberapa mekanisme mikroorganisme beradaptasi pada tanah bekas tambang yang tercemar logam-logam antara lain mikroba mampu menggunakan logam sebagai sumber energi, mempresipitaskan logam dalam bentuk garam-logam yang tidak larut, mengimobilisasi logam dalam dinding sel, memproduksi agen pengkelat, mengubah permeabilitas membran sel mikroorganisme terhadap logam dan mereduksi logam menjadi bentuk yang tidak toksis (Widyati, 2008).

3. Sebagai pemacu tanaman melakukan fitoremediasi

Fitoremediasi merupakan istilah yang dikhususkan pada proses reklamasi yang dilakukan oleh tumbuhan. Salah satu mekanisme tanaman dalam melakukan fitoremediasi memfasilitasi aktivitas mikroorganisme dalam tanah melalui pembentukan asosiasi. Untuk mengoptimalkan proses fitoremediasi, tumbuhan menstimulasi aktivitas mikroorganisme tanah dalam mendegradasi logam-logam. Untuk menarik mikroorganisme supaya mendekati akar dan berasosiasi dengan tumbuhan maka akar mengeluarkan eksudat akar yang umumnya berupa protein, asam-asam organik atau senyawa lain yang diperlukan oleh mikroba. Dengan beberapa manajemen lingkungan, kemampuan mikroba tersebut dapat dioptimalkan sehingga ketersediaan logam-logam dalam tanah dapat menurun sampai ambang batas yang diijinkan sesuai dengan peruntukannya (Widyati, 2008).

C. Reklamasi dan Revegetasi serta Pemanfaatan Sengon

Reklamasi dan revegetasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki kondisi lahan pasca penambangan. Reklamasi adalah usaha memperbaiki (memulihkan kembali) lahan yang rusak sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi secara optimal sesuai dengan kemampuannya (Latifah, 2003). Sedangkan kondisi akhir rehabilitasi dapat diarahkan untuk mencapai kondisi seperti sebelum ditambang atau kondisi lain yang telah disepakati (Suprpto, 2008 ; Rachmanadi, 2009). Menurut Rachmawaty (2002) kegiatan reklamasi/restorasi ekosistem rusak memiliki tiga tujuan yaitu: (1) protektif dalam hal ini memperbaiki stabilitas lahan, mempercepat penutupan tanah dan mengurangi *surface run-off* dan erosi tanah, (2) produktif mengarah pada peningkatan kesuburan tanah (*soil fertility*) yang lebih produktif, sehingga bisa diusahakan tanaman yang tidak saja menghasilkan kayu, tetapi juga dapat menghasilkan produk non-kayu seperti rotan, getah dan buah-buahan, diharapkan dapat dimanfaatkan oleh masyarakat disekitarnya dan (3) konservatif merupakan kegiatan untuk membantu mempercepat terjadinya suksesi secara alami ke arah peningkatan keanekaragaman hayati spesies lokal, serta menyelamatkan dan pemanfaatan jenis-jenis tumbuhan potensial lokal yang telah langka.

Menurut Permenhut RI No 4 tahun 2011, revegetasi adalah sebagai usaha untuk memperbaiki dan memulihkan vegetasi yang rusak melalui kegiatan penanaman dan pemeliharaan pada lahan bekas penggunaan kawasan hutan. Akbar et al., (2002) menambahkan revegetasi bertujuan untuk memulihkan kondisi fisik, kimia dan biologis tanah. Revegetasi umumnya dilakukan dalam tiga tahap, mulai dari penanam vegetasi penutup tanah (*cover crops*), kemudian penanaman pohon cepat tumbuh (*fast growing species*) dan terakhir menanam tanaman sisipan dengan jenis pohon hutan klimaks (Darmawan dan Irawan, 2009). Setiadi (2004) menyatakan bahwa, tujuan dari revegetasi akan mencakup re-establishment komunitas tumbuhan secara berkelanjutan untuk menahan erosi dan aliran permukaan, perbaikan biodiversitas dan pemulihan estetika lanskap. Pemulihan lanskap secara langsung menguntungkan bagi lingkungan melalui perbaikan habitat hewan, biodiversitas, produktivitas tanah dan kualitas air.

Beberapa jenis tanaman cepat tumbuh yang umum digunakan untuk revegetasi adalah sengon laut (*Albizzia falcata*), akasia (*Acacia mangium*), lamtoro (*Leucaena glauca*), turi (*Sesbania grandiflora*) dan lain- lain.

Sengon termasuk tanaman tropis, sehingga untuk pertumbuhannya memerlukan suhu sekitar 18-27°C. Kelembaban juga berpengaruh pada pertumbuhan setiap tanaman, dimana reaksinya tergantung kepada jenis tanaman itu sendiri. Tanaman sengon membutuhkan kelembaban sekitar 50 – 75 % dan sengon menyukai tanah yang relatif datar. Akan tetapi, pada keadaan tertentu sengon juga dapat ditanam di areal yang bergelombang dan miring dengan persentase kemiringan mencapai 25% (Rossiana, 2003). Sistem perakaran sengon banyak mengandung nodul akar. Hal ini sangat menguntungkan bagi akar dan sekitarnya. Keberadaan nodul akar dapat membantu porositas tanah dan penyediaan unsur nitrogen dalam tanah, sehingga pohon sengon dapat membuat tanah di sekitarnya menjadi lebih subur (Rossiana, 2003).

Sengon juga diketahui dapat berasosiasi secara baik dengan Vesikular-Arbuskular Mikoriza (MVA), sehingga dengan adanya asosiasi ini memungkinkan tanaman sengon untuk tumbuh baik pada lingkungan yang ekstrim, kritis unsur hara dan air. Oleh karena itu, tanaman sengon dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan untuk merehabilitasi lahan kritis (Setiadi, 2001 *cit* Rossiana, 2003).

BAB III METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan mulai bulan Mei sampai Agustus 2015. Pengambilan sampel dilaksanakan di wilayah izin usaha penambangan batubara milik PT. Allied Indo Coal Jaya di Desa Salak, Kecamatan Talawi, Sawahlunto, Sumatra Barat. Analisis sampel tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah dan Laboratorium Jurusan Hama dan Penyakit Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang. Jadwal kegiatan penelitian ini disajikan pada Lampiran 1.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah areal tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dari beberapa umur revegetasi. Alat-alat yang digunakan di lapangan untuk pengambilan sampel tanah yaitu GPS, cangkul, ring sampel, kantong plastik, kertas label, cutter, steroform, meteran, alat tulis dan dokumentasi. Bahan yang digunakan dalam analisis tanah disajikan pada Lampiran 2. Sedangkan alat-alat untuk analisis sampel tanah di laboratorium selengkapnya disajikan pada Lampiran 3.

C. Metoda Penelitian

Penelitian dilaksanakan dengan metoda Observasi untuk mengumpulkan data primer dari lapangan dan data sekunder di dapatkan dari sumber.

D. Pelaksanaan Penelitian

Untuk menetapkan posisi titik pengambilan sampel tanah yang disajikan pada peta pengambilan sampel tanah digunakan (*Global Positioning System*) GPS, maka diperoleh 5 titik pengambilan sampel dari 5 satuan lahan di lahan bekas tambang batubara yang sudah direvegetasi meliputi plot pengamatan tanaman sengon umur 9 tahun, 14 tahun, 18 tahun dan 23 tahun serta tanpa revegetasi sebagai pembanding (Lampiran 10).

Tabel 1. Jumlah titik sampel pengamatan masing-masing satuan lahan

Tahun Revegetasi	Umur Revegasi	Jenis tanaman	Luas (ha)		Titik sampel
			Ha	%	
Tanpa revegetasi	0	-	0,3	4,4	1
2006	9	Sengon	1,62	23,7	1
2001	14	Sengon	1,75	25,6	1
1997	18	Sengon	0,6	8,8	1
1992	23	Sengon	2,54	37,2	1
Jumlah			6,81	100	5

1. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah untuk pengamatan mikrobiologis diambil dengan menggunakan ring sampel (sampel tanah utuh) pada kedalaman 0-10 cm. Sampel tanah diambil pada lahan yang telah direvegetasi sesuai dengan plot pengamatan yang telah ditentukan dari umur tanaman sengon yang berbeda. Lalu sampel tanah dimasukkan ke dalam plastik dan di ikat dengan triplek pada bagian atas dan bawah ring, kemudian di beri label pada masing-masing sampel. Pada analisis mikrobiologis, sampel tanah dimasukkan ke dalam termos es yang telah berisi es untuk meminimalkan perubahan dan kerusakan biologisnya (Balai Penelitian Tanah, 2004). Setiap plot pengamatan masing-masing sampel tanah diambil dengan 3 kali ulangan di sekitar tegakan sengon dengan jarak 1,5 m dari tegakan sengon.

Di laboratorium, sampel tanah untuk analisis mikrobiologis langsung ditempatkan dalam lemari pendingin dengan tujuan menjaga kondisi tanah untuk meminimalisir aktivitas mikroba. Sebelum dilakukan analisis mikrobiologis, terlebih dahulu alat dan bahan yang digunakan untuk penelitian disterilkan.

Sterilisasi bertujuan untuk mematikan semua organisme yang terdapat pada alat dan bahan. Sterilisasi alat dilakukan terhadap petridish dengan cara mengoven pada suhu 180°C selama 1 jam, sedangkan sterilisasi bahan dilakukan terhadap medium biakan dan larutan fisiologis dengan menggunakan tekanan uap air panas pada temperatur 121°C pada tekanan 1 atm selama 15 menit dengan menggunakan autoclave (Anas,1989).

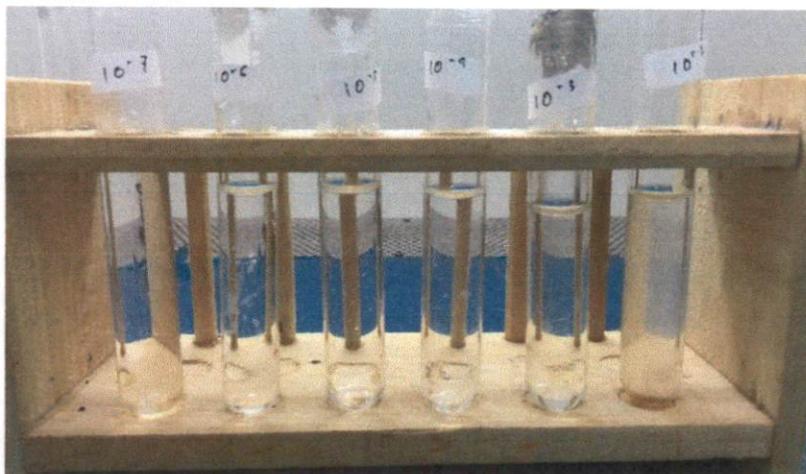
Sampel tanah untuk analisis sifat kimia tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah terganggu. Sebelum sampel tanah digunakan, tanah

terlebih dahulu dikering anginkan selama 3-7 hari, kemudian dihaluskan dan di ayak dengan ayakan 2 mm.

2. Analisis mikrobiologis tanah

a. Analisis Pembiakan dan Perhitungan Populasi Mikroorganisme Tanah

Analisis pembiakan dan perhitungan populasi mikroorganisme tanah dilakukan terhadap jamur dan bakteri dengan analisis populasi dan keragaman mikroorganisme tanah yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah. Prosedur pembiakan mikroorganisme dan penghitungan populasi mikroorganisme dengan menggunakan metode tidak langsung (metode pengenceran/ agar cawan). Isolat mikroorganisme yang tumbuh pada cawan petridish, kemudian dihitung jumlah koloninya. Cawan petridish yang dihitung adalah cawan yang memiliki jumlah koloni antara 30-300 koloni. Jumlah bilangan koloni yang diperoleh kemudian dikalikan dengan tingkat pengenceran biakan petridish. Prosedur selengkapnya pada Lampiran 4.



Gambar 1. Seri pengenceran untuk biakan jamur 10^{-5} dan bakteri 10^{-7}

b. Analisis Biomassa C Mikroorganisme Tanah

Konsep biomassa mikroorganisme menjadi bahan pertimbangan dalam menentukan proses siklus pengharaan tanah karena erat kaitannya dengan populasi mikroorganisme tanah. Pengukuran biomassa mikroorganisme tanah dilakukan berdasarkan kandungan biomassa C dengan metode Fumigasi. Prosedur selengkapnya pada Lampiran 4.

c. Analisis Respirasi Mikroorganisme Tanah

Pengukuran aktivitas respirasi mikroorganisme bertujuan untuk menentukan jumlah CO₂ yang mampu dihasilkan akibat dari proses respirasi yang terjadi. Pengukuran aktivitas respirasi dilakukan menggunakan metode penangkapan CO₂ dengan basa yang di inkubasi tanpa aliran udara. Prosedur selengkapnya pada Lampiran 4.

d. Analisis Morfologis

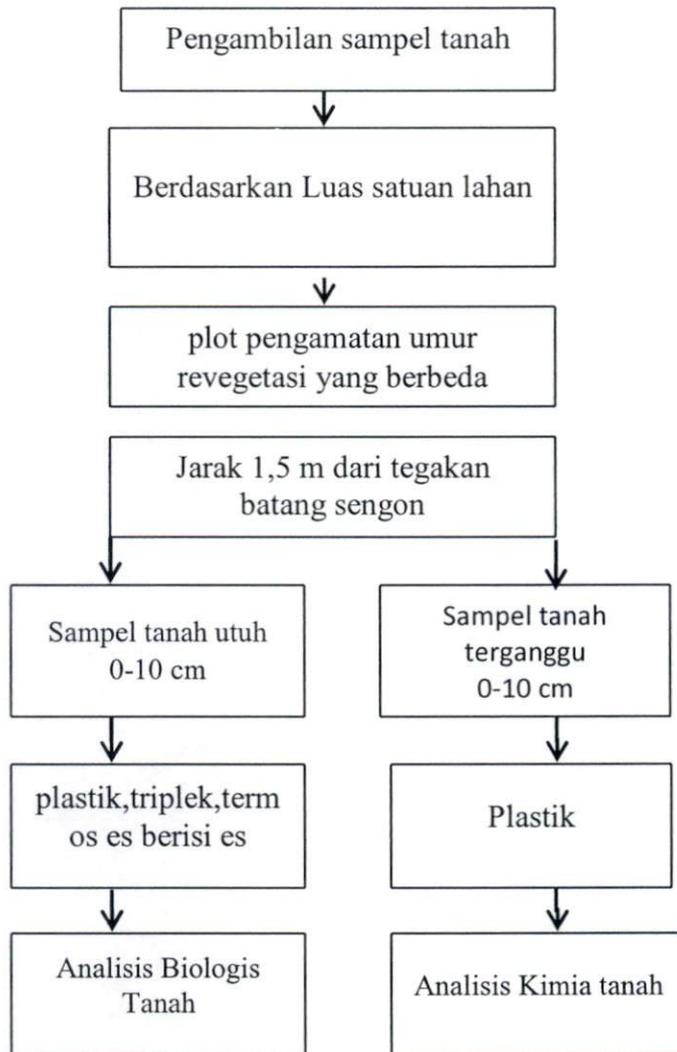
Analisis Morfologis berupa pengamatan morfologis koloni meliputi warna, bentuk koloni, bentuk tepian koloni dan penampang samping yang berpedoman pada Habazar *et al.*, (2002) dan Waluyo (2004).

3. Analisis Kimia Tanah

Analisis kimia tanah meliputi penetapan pH H₂O dengan metode Elektrometrik, penetapan C Organik dengan metode Walkley and Black, penetapan N Total dengan metode Kjeldahl dan penetapan C/N . Prosedur selengkapnya pada Lampiran 4.

E. Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengamatan analisis kimia tanah disusun dalam bentuk tabel data berdasarkan tabel kriteria kimia tanah. Sedangkan data yang diperoleh dari hasil analisis biologis tanah di laboratorium yaitu analisis Total populasi mikroorganisme tanah, respirasi dan biomassa C mikroorganisme tanah, dianalisis secara statistik dengan uji F . Jika F hitung lebih besar dari F tabel (berbeda nyata), maka dilanjutkan dengan uji lanjut BNJ pada taraf 5%. Serta dilakukan analisis regresi untuk melihat keterkaitan hubungan antara umur revegetasi sengon dengan beberapa sifat biologis tanah serta beberapa sifat kimia tanahnya.



Gambar 2. Tahapan kegiatan pengambilan sampel tanah untuk pengamatan di laboratorium

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Umum Daerah Penelitian

PT. Allied Indo Coal Jaya secara administratif terletak di Desa Salak, kota Sawahlunto, Provinsi Sumatra Barat. Secara geografis terletak pada titik koordinat $0^{\circ}35'55''$ - $0^{\circ}36'50''$ LS dan $100^{\circ}47'00''$ - $100^{\circ}48'10''$ BT , berada pada 378 m dpl dan memiliki suhu antara 24 - 33 °C. Reklamasi pertama kali dilakukan oleh PT. Allied Indo Coal Jaya pada tahun 1990 hingga 2015. Dari tahun tersebut total luas lahan yang telah di reklamasi dengan seluas 210 ha dari luas keseluruhannya 372 ha. Revegetasi lahan telah dilakukan didaerah ini dengan menanam tanaman pionir diantaranya : sengon (*Paraserianthes*), petai cina/lamtoro (*Leucaena leucocephala*), mahoni (*Swietenia mahagoni*), akasia (*Acacia crassicarpa*), jambu mete (*Anacardium occidentale. L*), rotan (*Calamus rotang*) dan melinjo (*Gnetum gnemon*).

Revegetasi sengon di tanam pada tahun yang berbeda diantaranya pada tahun 2006, 2001, 1997, 1992. Serta terdapat daerah Disposal yang merupakan lokasi penumpukan sisa galian tanah tambang (belum direvegetasi) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Areal Disposal (tanpa vegetasi)

Pada revegetasi sengon kondisi lahan pada beberapa umur umumnya di tumbuh vegetasi lain seperti rumput teki, putri malu, jenis polong-polongan dan paku-pakuan. Lokasi revegetasi sengon sudah menjadi hutan dan ditumbuhi vegetasi lain di sekeliling pohon dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Areal revegetasi sengon

Namun kerapatan vegetasi dari pengamatan lapangan berbeda pada tiap umur yang dapat terlihat dari vegetasi yang ditemukan pada tiap umur. Berdasarkan kondisi *rill* di lokasi, revegetasi dengan umur yang lebih tua, memiliki keragaman vegetasi lebih banyak dan bervariasi daripada umur yang lebih muda. Dapat dilihat pada revegetasi umur 23 tahun yang sudah banyak di tumbuh vegetasi lain (Gambar 5).



Gambar 5. Kondisi areal revegetasi sengon umur 23 tahun (1992)

1. Curah Hujan

Data curah hujan lokasi lahan bekas tambang batubara PT. Allied Indo Coal Jaya, Sawahlunto dapat dilihat pada Tabel 2. Dari tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa curah hujan rata-rata tahunan wilayah lahan bekas tambang batubara adalah 2182,6 mm/tahun. Dalam sepuluh tahun terakhir curah hujan tahunan terendah lahan bekas tambang batubara di PT. AICJ terjadi pada tahun 2009 berkisar 794 mm/tahun, sedangkan data curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2003 berkisar 2916 mm/tahun (Tabel 2). Berdasarkan sistem pembagian iklim menurut Schmidh-Ferguson daerah ini termasuk kepada zona agroklimat tipe B, yaitu zona iklim hutan hujan tropis didasarkan kepada perbandingan antara Bulan Kering (BK) dan Bulan Basah (BB). Ketentuan penetapan bulan basah (bulan dengan curah hujan lebih besar dari 100 mm) dan bulan kering (bulan dengan curah hujan lebih kecil dari 60 mm). Serta berdasarkan kriteria pembagian tipe iklim termasuk kepada tipe B (Basah) (Lakitan, 2002) dengan nilai % Q = 0,32.

Tabel 2. Data curah hujan (mm/bulan) di Pengelolaan Sumber Daya Air (2003- 2012)

Bulan	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Januari	249	203	225	468	552	342	0	0	155	33
Februari	290	180	61	331	261	499	181	383	171	266
Maret	620	68	450	62	82	266	284	484	106	149
April	444	204	101	296	516	289	244	382	524	348
Mei	77	156	140	39	424	147	85	109	212	152
Juni	116	60	34	217	206	109	0	219	61	0
Juli	176	218	11	32	137	138	0	311	56	344
Agustus	154	2	0	58	108	240	0	239	108	66
September	198	59	0	0	267	146	0	312	182	137
Oktober	206	234	0	0	157	213	0	128	150	174
November	213	466	0	0	72	66	0	239	353	496
Desember	173	285	0	0	437	223	0	61	449	0
Total	2916	2135	1022	1503	3219	2678	794	2867	2527	2165
Rata-rata	243	178	85	125	268	223	66	239	211	180

Sumber : Pengelolaan Sumber Daya Air

2. Temperatur tanah

Gambaran mengenai temperatur tanah di lokasi penelitian berkisar antara 27,16 °C - 27,32°C. Pengukuran suhu tanah pada beberapa umur revegetasi sengon 9, 14, 18, 23 tahun dan tanpa revegetasi disajikan pada Tabel 3. Suhu pada areal tanah bekas tambang tanpa vegetasi lebih tinggi dibandingkan suhu tanah yang sudah direvegetasi atau ada naungan.

Tabel 3. Temperatur tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara

Tahun Revegetasi	Umur Revegetasi (tahun)	Suhu Tanah (°C)
Tanpa revegetasi	0	27,32
2006	9	27,22
2001	14	27,16,
1997	18	27,19
1992	23	27,22

B. Hasil Analisis Kimia Tanah

Hasil analisis kimia tanah lahan bekas tambang batubara terdiri atas analisis pH tanah, % C organik, % N total dan C/N pada beberapa umur revegetasi sengon disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisis data kimia tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto

Tahun Revegetasi	Umur Revegetasi (tahun)	pH H ₂ O	C Organik (%)	N Total (%)	C/N
Tanpa revegetasi	0	5,1 m	0,796 sr	0,084 sr	9,476 r
2006	9	4,7 m	0,833 sr	0,114 sr	7,307 r
2001	14	4,5 m	1,527 r	0,199 sr	7,673 r
1997	18	5,3 m	1,248 r	0,203 sr	3,411 sr
1992	23	5,3 m	1,511 r	0,389 sr	3,940 sr

Keterangan :

- m : masam
- r : rendah
- sr : sangat rendah

Pada Tabel 4 terlihat bahwa pH tanah pada beberapa umur revegetasi termasuk kriteria masam. Pada umur revegetasi 9 dan 14 tahun pH tanah lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kegiatan *blasting* yang dilakukan tiap perusahaan

tambang batubara ketika akan membuka lahan baru dalam aktivitas penambangan batubara, sehingga dari aktivitas tersebut masih tersisa residu kimia dari bahan peledak yang bersifat meracun seperti Amonium nitrat, dinamit dan solar pada tanah bekas tambang yang menyebabkan pH tanah menjadi lebih rendah. Adanya penggunaan Amonium nitrat pada bahan *blasting*, bila teroksidasi akan menyumbangkan ion H^+ sehingga dapat menurunkan pH tanah. Namun kegiatan *blasting* tidak selalu digunakan dalam kegiatan pembukaan lahan tambang batubara. Hal ini diduga memberikan dampak pada pH tanah tambang itu sendiri, sehingga diperoleh nilai pH yang berbeda. Terlihat pada tanah tanpa revegetasi, pH tanahnya memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa umur revegetasi lainnya yang memiliki nilai pH rendah. Serta pH pada umur tua didapatkan lebih tinggi dikarenakan adanya proses pengkkelatan. Berdasarkan hasil analisis pH di atas, sebagaimana dinyatakan Murjanto (2009) nilai pH tanah pada lahan reklamasi bervariasi dan tidak menunjukkan adanya pola perubahan akibat adanya peningkatan umur reklamasi.

Menurut Lay (1994) pada umumnya bakteri dapat tumbuh dengan baik pada pH sekitar 7 (netral) meskipun dapat tumbuh pada kisaran pH 5-8 sedangkan fungi dapat hidup pada kisaran pH yang luas. Peningkatan pH menyebabkan aktifitas jasad mikro meningkat dan dekomposisi berjalan lebih sempurna. Sebagaimana yang disebutkan Hakim et al (1986) bahwa bakteri pada umumnya lebih banyak terdapat pada tanah mineral ber pH sedang sampai tinggi dan kegiatan mereka berkurang bila pH tanah lebih rendah dari 5,5.

Kadar C-organik pada lahan revegetasi dari beberapa tingkatan umur tergolong masih rendah. Pada Tabel 1 menunjukkan nilai C-organik pada umur yang lebih tua (14,18 dan 23 tahun) lebih tinggi dibandingkan umur muda. Serta bila dibandingkan dengan C organik tanah revegetasi, nilai C organik pada tanah tanpa revegetasi memiliki nilai lebih rendah dibandingkan yang lain. Hal ini di karenakan suplai bahan organik tanah tidak memadai dan minim vegetasi penutup tanah pada umur revegetasi muda sehingga aktivitas mikroorganisme juga akan menjadi rendah karena bahan organik sebagai bahan makanan mikroorganisme tidak cukup tersedia. Sementara pada tingkatan umur lebih tua, vegetasi disekitar lebih bervariasi seperti jenis rumputan, polong yang bisa menjadi sumber bahan

organik bagi tanah. Selain itu, keadaan ini disebabkan karena hasil timbunan tanah berasal dari lapisan tanah bawah yang rendah akan kandungan bahan organik dan suplai bahan organik dari vegetasi yang tumbuh di atas tanah tersebut masih relatif sedikit dan belum sepenuhnya mengalami pelapukan.

Menurut Makalew (2010) vegetasi yang tumbuh dipermukaan tanah merupakan sumber C yang mudah tersedia bagi mikroorganisme tanah, baik yang berasal dari bagian bawah tanaman. Hasil penelitian Novera (2008) *cit* Wahyuni (2013) menyatakan bahwa kadar C-organik tanah bekas tambang berkisar 0,14-0,24%. Ditambahkan oleh Wahyuni (2013) mengemukakan dekomposisi bahan organik merupakan proses perubahan dari serasah menjadi humus melalui aktivitas mikroorganisme tanah.

Sumber utama bahan organik tanah ialah jaringan tanaman, baik yang berupa serasah atau sisa-sisa tanaman, batang dan akar tanaman akan terombak oleh jasad-jasad renik dan akhirnya akan menjadi komponen tanah. Dengan demikian dapat ditegaskan bahwa bahan organik tanah merupakan hasil perombakan dan penyusunan yang dilakukan jasad renik atau mikroorganisme tanah (Kartasapoetra dan Sutedjo, 2005).

Kandungan N pada revegetasi di lahan bekas tambang batubara tergolong sangat rendah. Nilai analisis N yang telah direvegetasi lebih tinggi bila dibandingkan tanpa revegetasi. Tingginya nilai N pada tanah bekas tambang yang telah direvegetasi dikarenakan adanya sumbangan dari serasah daun sengon yang kaya akan protein. Sebagaimana yang dijelaskan oleh Yulipriyanto (2010) terkait dengan nitrifikasi yang merupakan proses aerob yang terjadi pada tanah dengan pH netral dan akan terhambat prosesnya dalam keadaan anaerob atau keadaan tanah menjadi masam. Rendahnya pH tanah akan mempengaruhi ketersediaan N dalam tanah.

Selain sumber N berasal dari udara, seperti halnya C-organik, N juga berasal dari bahan organik tanah. Secara umum nilai N tanah bekas tambang memiliki kriteria sangat rendah. Hal ini dibuktikan dari nilai C organik yang tergolong rendah. Pada lahan revegetasi ketersediannya dipengaruhi oleh bahan organik dan aktivitas mikroorganisme tanah penambat N, karena aktivitas fiksasi N sangat tergantung pada ketersediaan bahan organik dalam tanah. Menurut

Nurida (2001) ketersediaan sumber bahan makanan yang cukup (sumber C) akan meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah, terutama di daerah rhizosfer. Berdasarkan hal itu, diharapkan dapat meningkatkan ketersediaan hara di dalam tanah (Asman, 2006), sehingga aktivitas mikroorganisme khususnya mikroba penambat N juga akan meningkat.

Ditambahkan oleh Nyakpa dkk (1988) bahwa lapisan olah tanah umumnya mengandung 0,02-0,40 % N. Banyaknya kandungan N tanah tersebut tergantung dari keadaan lingkungannya seperti iklim dan macam vegetasi. Vegetasi yang tumbuh di atas tanah dan kecepatan dekomposisinya merupakan faktor penyebab perubahan terhadap kandungan N dalam tanah.

Rasio C/N tanah pada beberapa umur revegetasi tergolong rendah. Namun pada kontrol nilai C/N terukur lebih tinggi dibandingkan tanah revegetasi. Rendahnya C/N menjelaskan bahwa bahan organik telah melapuk lanjut dan sebaliknya. Stabilitas bahan organik di dalam tanah sangat labil dan sangat responsif terhadap perubahan temperatur dan kelembaban. Temperatur tinggi dan kelembapan yang rendah dapat mempercepat terjadinya dekomposisi. Sehubungan dengan temperatur yang tinggi, terlihat pada kondisi lingkungan disekitar revegetasi sengon, yang mana sengon memiliki ukuran daun yang kecil-kecil seperti daun tanaman petai cina sehingga memungkinkan cahaya matahari masuk ke lantai hutan dan mendapatkan cahaya matahari cukup dalam membantu proses dekomposisi. Makin rendah nilai rasion C/N, dapat dikatakan bahwa laju penguraian dari bahan organik lebih cepat. Dari Hasil analisis C/N didapatkan nilai C/N pada umur revegetasi yang lebih tua didapatkan rendah. Dari pengukuran suhu tanah pada lahan revegetasi tanah bekas tambang batubara berkisar dari 27,16 – 27,32 °C. Suhu pada lahan revegetasi umumnya lebih rendah bila dibandingkan dengan suhu tanah di areal tanpa revegetasi, karena tidak ada penutup tanah sehingga panas dari cahaya matahari langsung ke tanah.

Sutanto (2002) berpendapat bahwa pada nisbah C/N yang terlalu kecil (<20) atau terlalu tinggi (>40) akan mengganggu kegiatan dekomposisi di dalam tanah. Sehingga walaupun mikroorganisme penambat N akan mengikat N udara yang ada, namun kapabilitas mikroorganisme tersebut akan tergantung pada

ketersediaan C, karena C merupakan sumber energi bagi mikroorganisme di dalam tanah untuk menjalankan aktivitas metabolisnya.

Berdasarkan analisis regresi untuk melihat korelasi antara umur revegetasi sengon dengan beberapa sifat kimia tanah menunjukkan keterkaitan yang erat hingga lemah. Disajikan pada Lampiran 8.

C. Hasil Analisis Mikro Biologi Tanah

1. Total Populasi Mikroorganisme Tanah

Hasil analisis total populasi bakteri dan jamur tanah dapat dilihat pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Hasil analisis total populasi bakteri dan jamur tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto

Tahun Revegetasi	Umur Revegetasi (tahun)	Populasi	
		Bakteri $\times 10^7$ cfu/g tanah	Jamur $\times 10^5$ cfu/g tanah
Tanpa revegetasi	0	11,7 a	2 a
2006	9	149,6 a	2,3 a
2001	14	84,6 a	3,3 a
1997	18	107,3 a	2,7 a
1992	23	93,3 a	17,7 a

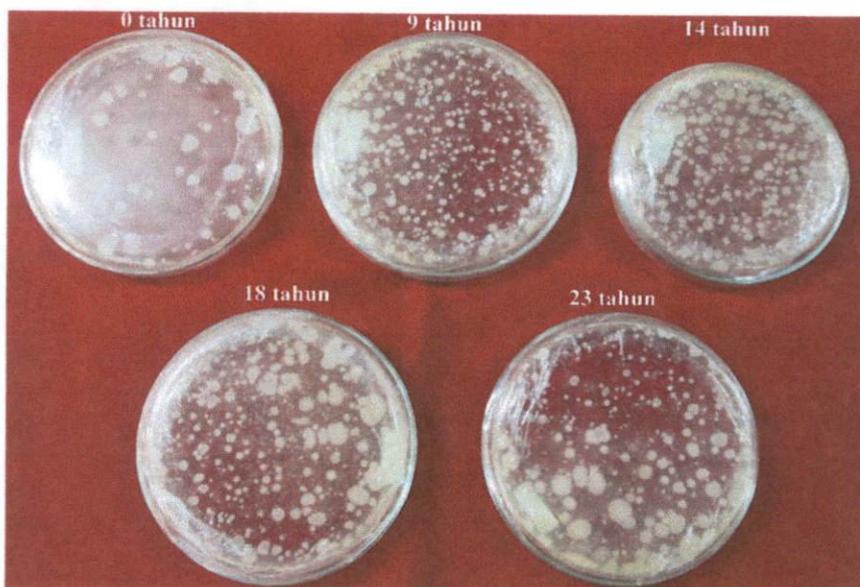
Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5 %

Tabel 5 menunjukkan adanya peningkatan total populasi bakteri tanah seiring meningkatnya umur revegetasi akan tetapi pengaruhnya tidak berbeda nyata. Nilai total populasi bakteri bervariasi namun tidak signifikan. Pengaruh berbeda tidak nyata pada total populasi bakteri ini disebabkan masih rendahnya bahan organik sebagai bahan nutrisi bagi pertumbuhan bakteri dan perbedaan kerapatan dari vegetasi penutup tanah. Terlihat total populasi bakteri tanah pada umur revegetasi 9 tahun lebih tinggi $149,6 \times 10^7$ cfu/g tanah, kemudian diikuti oleh umur revegetasi 18 tahun $107,3 \times 10^7$ cfu/g tanah dan umur 23 tahun $93,3 \times 10^7$ cfu/g tanah. Nilai total populasi bakteri terendah didapatkan pada tanah tanpa revegetasi $11,7 \times 10^7$ cfu/g tanah. Lebih tingginya total populasi bakteri pada umur 9 tahun disebabkan akibat faktor pengelolaan awal revegetasi, diantaranya pemberian pupuk ketika penanaman. Ini berkaitan pada persaingan makanan oleh mikroorganisme tanah, sehingga pada umur 9 tahun yang tergolong umur muda

bahan organik dari sisa pemupukan masih tersedia sebagai sumber makanan mikroorganisme tanah. Hal ini menyatakan bahan organik berpengaruh untuk mikroorganisme dalam jangka 9 tahun dalam pertumbuhan populasi.

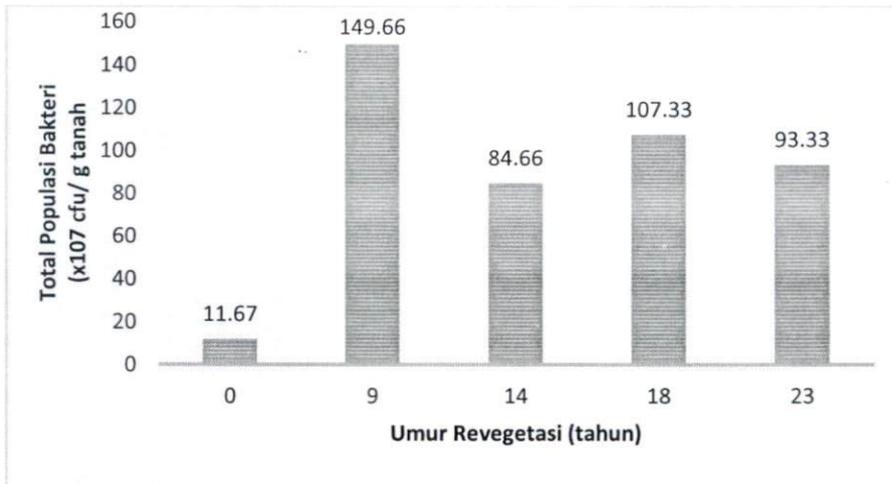
Meskipun kandungan C organik pada umur revegetasi 9 tahun sangat rendah, diduga sumber makanan mikroorganisme seperti bakteri tidak hanya dari bahan organik saja, melainkan juga berasal dari eksudat akar. Serta rendahnya total populasi bakteri pada tanah tanpa revegetasi dikarenakan sedikitnya sumber bahan organik pada areal tanah disposal ini. Terlihat dari nilai C tanpa revegetasi lebih rendah dibanding yang lain dan tidak adanya vegetasi disekitar. Serta dilihat dari hasil pengukuran suhu tanah pada lokasi ini, memiliki suhu tanah yang tergolong rendah 27,22 °C dan kondisi ini disukai oleh bakteri dalam perkembangannya.

Menurut Wulandary *et al* (2013) pertumbuhan mikroba dipengaruhi oleh lingkungan, baik faktor biotik maupun abiotik. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroorganisme (khususnya bakteri tanah) adalah ketersediaan nutrisi yang dapat menunjang kehidupannya. Jika dibandingkan antara total populasi bakteri revegetasi dengan tanpa revegetasi, populasi bakteri yang telah di revegetasi memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan tanpa revegetasi (Gambar 6).



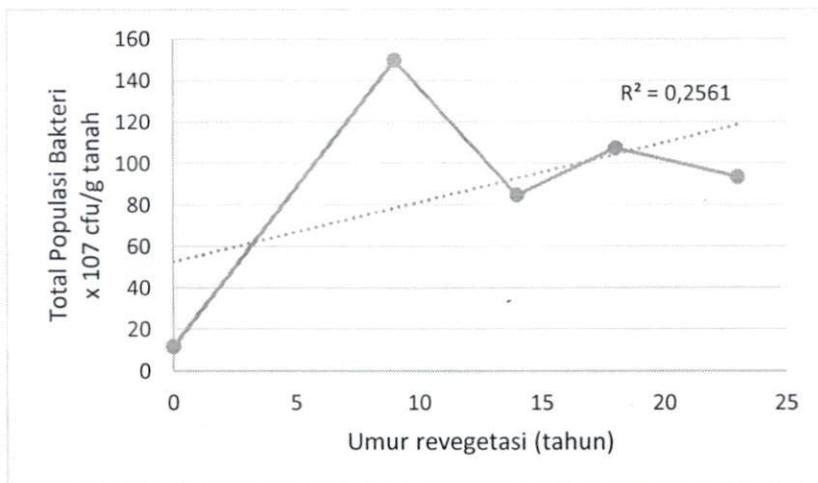
Gambar 6. Total populasi bakteri dari beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto

Schlegel dan Schmidt (1994) menjelaskan bahwa pertumbuhan bakteri di dalam tanah akan terganggu jika kebutuhan nutrisinya seperti eksudat akar dari perakaran tumbuhan inangnya tidak terpenuhi dengan baik. Asman (2006) menambahkan keterbatasan jumlah bahan makanan tersebut mengakibatkan terjadinya degradasi variasi dan populasi bakteri tanah pada rhizosfer vegetasi tersebut, karena hanya bakteri yang mampu beradaptasi saja yang akan berkembang. Terkait pH tanah terhadap peranan dari mikroorganisme tanah, menurut Hardjowigeno (2003), pada tanah masam adapun mikroorganismenya yang banyak hidup pada pH ini umumnya bakteri dan jamur. Bakteri dapat tumbuh baik pada pH sekitar 7 (netral) meskipun dapat tumbuh pada pH 5-8 (Lay, 1994).



Gambar 7. Diagram Total populasi bakteri tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT. AIC Jaya)

Berdasarkan analisis regresi menunjukkan keterkaitan yang lemah sebesar 25,6% ($R^2=0,256$) antara umur revegetasi sengon dengan total populasi bakteri tanah. Dari nilai ini menjelaskan bahwa umur revegetasi dan total populasi bakteri tidak linier Artinya sebanyak 74,4 % total populasi bakteri tanah dipengaruhi oleh faktor lain seperti temperatur, aerasi dan sumber energi. Kurva regresi umur revegetasi dan total populasi bakteri tanah bekas tambang batubara dapat dilihat pada Gambar 8.

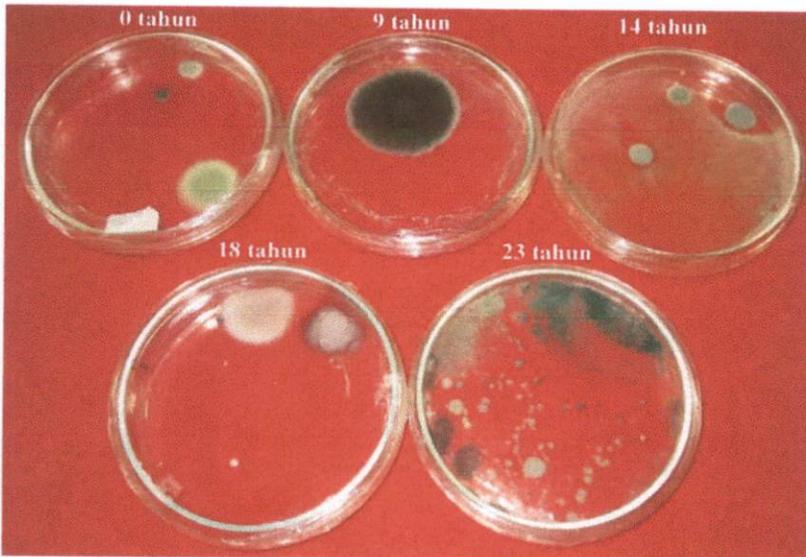


Gambar 8. Hubungan antara umur revegetasi dengan total populasi bakteri tanah (x 10⁷ cfu/g tanah)

Tabel 5 menunjukkan adanya peningkatan total populasi jamur tanah seiring meningkatnya umur revegetasi akan tetapi pengaruhnya tidak berbeda nyata. Nilai total jamur bervariasi namun tidak signifikan. Pengaruh tidak berbeda nyata pada total populasi jamur ini disebabkan kandungan bahan organik yang masih tergolong rendah karena jamur dapat berkembang baik pada kondisi karbon yang tinggi. Terlihat pada Tabel 5 diperoleh total populasi jamur tertinggi pada umur revegetasi 23 tahun sejumlah 17,7 x 10⁵ cfu/g tanah. Total populasi terendah terdapat pada tanah tanpa revegetasi sebesar 2 x 10⁵ cfu/g tanah. Hal ini diduga tumbuhan bawah ikut menciptakan komposisi fungi tanah. Jenis tumbuhan bawah yang di jumpai pada beberapa umur revegetasi dapat dilihat pada situasi aktual lokasi penelitian disajikan pada Lampiran 9.

Areal revegetasi sengon 23 tahun memiliki vegetasi yang rapat dan variasi lebih banyak dibandingkan umur revegetasi lainnya. Beberapa jenis vegetasi yang ditemukan seperti *Imperata cylindrica* .L dan *Cyperus rotundus* .L serta rumput-rumputan jenis lain, dimana jenis tumbuhan ini biasanya berasosiasi dengan mikoriza. Jamur yang ada di bawah tegakan sengon tidak hanya bergantung pada serasah sengon saja. Pada analisis C organik (Tabel 4), didapatkan nilai C organik revegetasi umur 23 tahun lebih tinggi sebesar 1,51 %. dibanding yang lain. Hal ini mempengaruhi komposisi jamur tanah karena jamur menyukai kondisi karbon yang tinggi. Oyne (1999) menyatakan bahwa penyebaran fungi sangat bergantung pada kadar C organik, karena jamur tanah adalah dekomposer primer. Makin rendah nilai rasio C/N, dapat dikatakan bahwa laju penguraian bahan organik

lebih cepat. Dari nilai pH yang diperoleh memiliki kriteria masam, dimana pada pH yang rendah jamur dapat tumbuh baik karena jamur dapat hidup pada pH yang luas (Lay, 1994).

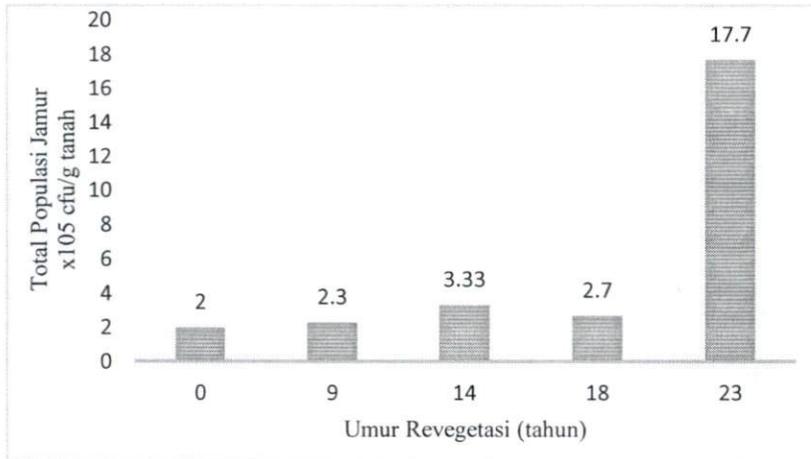


Gambar 9. Total populasi jamur dari beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT. AICJ)

Kondisi fisik dan kimia serasah suatu tanaman berperan sangat besar dalam menentukan kondisi komunitas tumbuhan bawah dan mikroba yang hidup di lantai hutan. Serasah sengon diketahui kaya protein, kandungan protein yang tinggi menjadi sumber makanan yang baik bagi bakteri tanah namun tidak pada jamur tanah yang menyukai karbon yang tinggi. Oleh sebab itu diperoleh total populasi jamur lebih sedikit daripada total populasi bakteri tanah. Berdasarkan hasil penelitian terkait identifikasi jamur tanah yang telah dilakukan sebelumnya oleh Wulandari dkk (2013) di ketahui jenis-jenis jamur tanah yang di dapatkan, disajikan pada Lampiran 6.

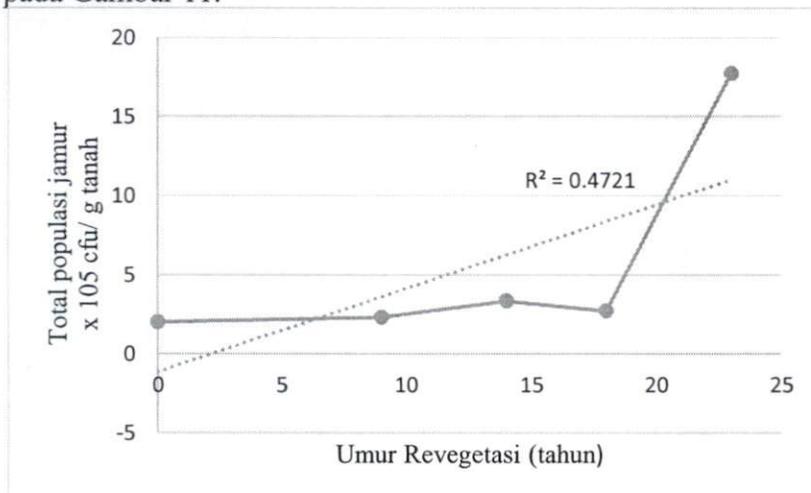
Beberapa jenis jamur yang di dapatkan dari penelitian ini diantaranya jenis *Aspergillus* dan *Penicillium* (Lampiran 6). Adanya kemampuan genus *Aspergillus* untuk tumbuh pada tanah tambang ini mengindikasikan bahwa pada tanah tersebut ada perbaikan. Hal ini dapat juga dilihat dari nilai rasio C/N yang rendah. Nilai ini merupakan petunjuk penting adanya proses dekomposisi bahan organik. Jamur *Penicillium* ini bersifat kosmopolit yang tersebar luas. Menurut Wulandari, dkk (2013) cendawan ini umumnya dapat diisolasi dari debu. Keberadaan jenis jamur

ini karena dapat terkontaminasi dari debu maupun tanah, mampu mendegradasi serat selulose dan material lain yang kaya akan selulose.



Gambar 10. Diagram Total populasi jamur tanah dengan beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)

Berdasarkan analisis regresi menunjukkan keterkaitan yang lemah sebesar 47,2 % ($R^2=0,472$) antara umur revegetasi dan total populasi jamur tanah. Dari nilai ini menjelaskan bahwa umur revegetasi sengon dan total populasi jamur tidak linier. Artinya sebanyak 53 % total pupulasi jamur tanah dipengaruhi oleh faktor lain seperti serasah, kelembaban, vegetasi dan serasah). Kurva regresi umur revegetasi dan total populasi jamur tanah bekas tambang batubara dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hubungan antara umur revegetasi dengan total populasi jamur tanah ($\times 10^5$ cfu/ g tanah)

2. Respirasi (CO₂) Mikroorganisme Tanah

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan umur revegetasi memiliki pengaruh nyata terhadap respirasi tanah. Pada Tabel 6 memperlihatkan bahwa adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah seiring peningkatan umur revegetasi. Adanya pengaruh nyata pada respirasi mikroorganisme tanah ini disebabkan tekanan yang berasal dari toksik tanah bekas tambang batubara, hal ini dapat meningkatkan respirasi mikroorganisme di dalam tanah. Apabila populasi mikroorganisme terus meningkat maka akan terjadi tekanan pada sebagian mikroorganisme yang tidak kuat bersaing sehingga ada sebagian mikroorganisme yang mati akibat adanya tekanan dari mikroorganisme yang lebih kuat, dengan kondisi ini, respirasi dapat meningkat kembali. Hasil analisis respirasi tanah (CO₂) dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Hasil Analisis Respirasi (CO₂) Mikroorganisme Tanah Revegetasi sengon lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto

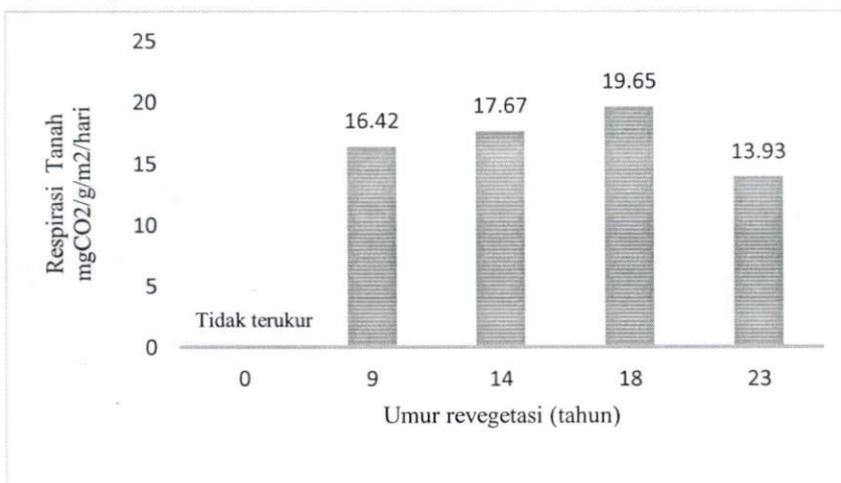
Tahun Revegeasi	Umur Revegetasi (tahun)	Respirasi mgCO ₂ /g/m ² /hari
Tanpa Revegetasi	0	Tidak terukur
2006	9	16,42 a
2001	14	17,67 a
1997	18	19,65 a
1992	23	13,93 a

Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT taraf 5 %

Aktivitas respirasi mikroorganisme tanah tertinggi ditemukan pada revegetasi umur 18 tahun sebesar 19,65 mgCO₂/g/m²/hari. Sedangkan pada tanah tanpa revegetasi diperoleh tidak terukur. Aktivitas respirasi pada revegetasi umur 18 tahun lebih tinggi karena dipengaruhi oleh total populasi, terlihat pada total populasi bakteri umur ini tergolong tinggi. Ini berarti proses metabolisme yang terjadi akan lebih besar, sehingga produksi CO₂ juga akan lebih tinggi yang bersumber dari aktivitas respirasi sel mikroorganisme tersebut. Sedangkan pada tanah tanpa revegetasi disebabkan CO₂ di tangkap oleh tanaman sekitarnya dan menunjukkan sangat rendahnya aktivitas mikroorganisme tanah pada area ini. Aktivitas respirasi mikroorganisme tanah dapat dipengaruhi oleh total populasi yang dibatasi oleh rasio CO₂ terhadap O₂ tanah (Asman, 2006), temperatur dan kelembapan tanah serta jumlah ketersediaan nutrisi di dalam tanah

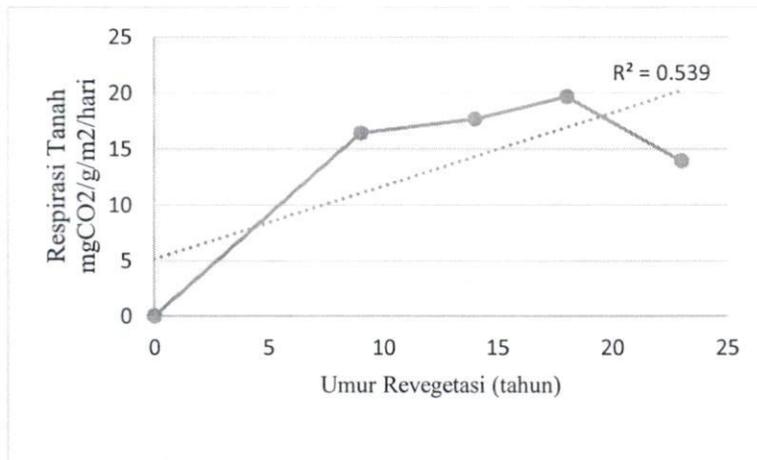
(Metting,1993). Namun menurut Nugroho (2001) tingginya aktivitas respirasi tidak selalu berbanding lurus dengan jumlah populasi mikroorganisme tanah. Respirasi juga dapat meningkat akibat tekanan yang di hadapi mikroorganisme di dalam tanah, seperti kandungan senyawa toksik (racun) dan logam-logam berat.

Sedangkan nilai respirasi terendah diduga karena total populasi mikroorganisme yang tergolong sangat rendah seperti total populasi bakteri dan jamur serta beberapa sifat kimia tanah (N dan C organik) yang memiliki nilai rendah. Total populasi yang rendah akan berdampak negatif terhadap kuantitas CO₂ yang dihasilkan, akibatnya jumlah CO₂ yang dihasilkan akan relaif lebih sedikit. Rendahnya CO₂ mengindikasikan telah terjadinya gangguan terhadap aktivitas mikroorganisme tanah di area bekas tanah tambang tersebut.



Gambar 12. Diagram Respirasi Tanah dengan beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)

Berdasarkan analisis regresi menunjukkan keterkaitan yang lemah sebesar 53 % ($R^2=0,53$) antara umur revegetasi dan respirasi tanah. Dari nilai ini menunjukkan bahwa umur revegetasi sengon dan respirasi tanah tidak linier. Artinya sebanyak 47 % respirasi tanah dipengaruhi oleh faktor lain seperti temperatur dan kelembaban. Kurva regresi umur revegetasi dan respirasi tanah bekas tambang batubara dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan antara umur revegetasi dengan respirasi tanah ($\text{mgCO}_2/\text{g/m}^2/\text{hari}$)

3. Biomassa C Mikroorganisme Tanah (C_{mic})

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, diperoleh nilai biomassa C tanah sebagai berikut Tabel 7.

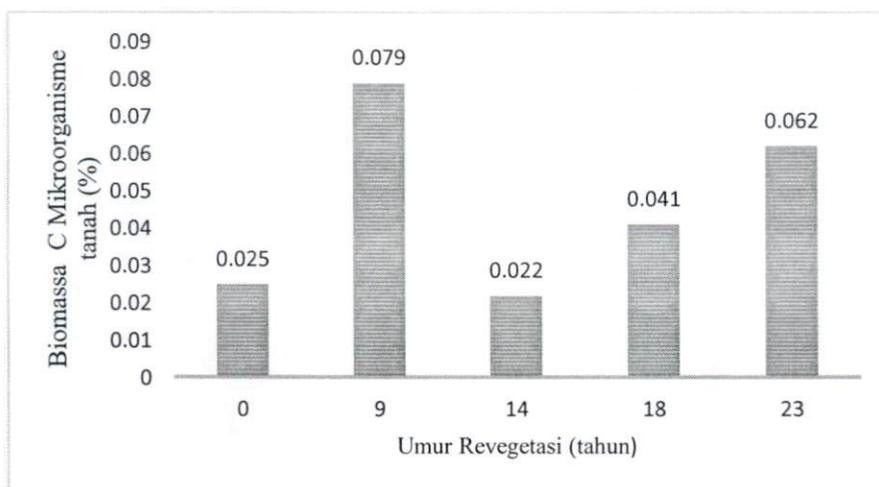
Tabel 7. Hasil analisis Biomassa tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto

Tahun revegetasi	Umur Revegetasi (tahun)	Biomassa C Mikroorganisme tanah (%)
Tanpa revegetasi	0	0,025 a
2006	9	0,079 a
2001	14	0,022 a
1997	18	0,041 a
1992	23	0,062 a

Tabel 7 menunjukkan adanya peningkatan biomassa C seiring meningkatnya umur revegetasi akan tetapi pengaruhnya berbeda tidak nyata. Pengaruh berbeda tidak nyata ini disebabkan faktor penyebaran populasi mikroorganisme tanah dan bahan organik tanah. Suplay bahan organik yang cukup menjadi sumber energi bagi jalannya aktivitas mikroorganisme tanah, sehingga populasinya dapat meningkat. Banyaknya akumulasi bahan organik tersebut dapat mendukung bagi perkembangan mikroorganisme tanah, sehingga secara langsung akan berdampak pada tingginya persentase biomassa. Nilai biomassa C tertinggi pada revegetasi umur 9 tahun sebesar 0,079 %. Sedangkan biomassa terendah pada umur revegetasi 14 tahun sebesar 0,022 %. Tingginya nilai biomassa revegetasi umur 9 tahun karena keberadaan mikrofauna dalam

tanah. Pada umur ini merupakan masa aktif dari mikrofauna. Hal tersebut berkorelasi dengan total populasi bakteri tanah. Jadi, bakteri tanah berperan aktif dalam proses dekomposisi serasah (biomassa) pada umur ini.

Penelitian yang dilakukan oleh Murjanto (2011) mengemukakan bahwa biomassa mikroorganisme tanah bekas tambang berkisar 0,66-1,34 mg/g tanah. Hal ini menunjukkan biomassa tanah bekas tambang batubara yang diteliti memiliki nilai yang lebih rendah. Biomassa mikroorganisme hanya menyusun 1-3% dari total C organik tanah, tetapi merupakan hal penting untuk mengetahui bahan organik yang masuk ke dalam tanah (Martin, 1995 *cit* Wahyuni, 2013).

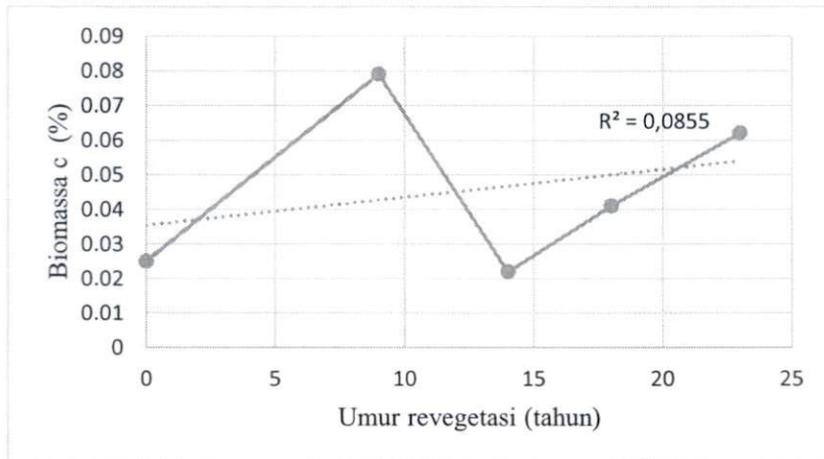


Gambar 14. Diagram Biomassa C mikroorganisme tanah (%) tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara, Sawahlunto (PT.AICJ)

Menurut Sutedjo *et al* (1991) Biomassa sangat dipengaruhi oleh temperatur dan kelembaban tanah yang berfluktuatif akan menyebabkan sel mikroorganisme tanah membutuhkan energi dalam jumlah yang lebih besar, hal ini akan mempengaruhi bobot biomassa mikroorganisme tanah, karena makanan yang diperoleh akan segera diolah menjadi energi, sehingga sebagian kecil saja yang disimpan di dalam sel sebagai cadangan makanan.

Biomassa mikroorganisme dapat digunakan untuk membandingkan pengaruh perbedaan pengelolaan atau sebagai indikator perubahan yang terjadi pada suatu ekosistem tertentu, karena konsentrasi biomassa mikroorganisme merupakan indikator yang penting dalam proses siklus pengharahan tanah yang erat kitannya dengan populasi mikroorganisme tanah (Hakim *et al*, 1986).

Berdasarkan analisis regresi menunjukkan hubungan yang sangat lemah sebesar 8,5 % ($R^2=0,085$) antara umur revegetasi dan biomassa mikroorganisme tanah. Dari nilai ini menunjukkan bahwa umur revegetasi sengon dan biomassa C tanah tidak linier. Artinya sebanyak 91,5 % biomassa C tanah dipengaruhi oleh faktor lain seperti temperatur, kelembapan dan toksik. Kurva regresi umur revegetasi dan respirasi tanah bekas tambang batubara dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Hubungan antara umur revegetasi dengan biomassa C Mikroorganisme (%)

4. Morfologi Koloni Mikroorganisme Tanah

Dari hasil analisis morfologi bakteri dan jamur tanah yang mengacu pada Waluyo (2004) terjadi perubahan formasi morfologi koloni bakteri dan jamur dibandingkan dengan tanpa revegetasi di lahan bekas tambang batubara. Variasi koloni bakteri dan jamur tanah ditemukan lebih beragam pada areal revegetasi dibanding tanpa revegetasi. Menurut Poschloda *et al* (2004) *cit* Asman (2006) variasi penggunaan lahan menyebabkan terjadinya perubahan formasi biologis tanah suatu lahan. Perbedaan umur memberikan pengaruh terhadap sebaran bakteri dan jamur terkait dalam memperoleh sumber makanan. Berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, semakin tua umur revegetasi maka vegetasi semakin rapat dan bervariasi. Sehingga adanya asupan bahan organik ke dalam tanah dari serasah. Perubahan formasi biologis ini juga diduga akibat persaingan dalam memperoleh bahan makanan, sehingga jenis yang sesuai akan tumbuh dengan baik, sedangkan yang tidak mampu beradaptasi akan tereduksi bahkan

akan mengalami kepunahan. Untuk selanjutnya bentuk morfologi mikroorganisme tanah ini disajikan pada Lampiran 7.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pengamatan total populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah pada beberapa umur revegetasi sengon di lahan bekas tambang batubara yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Distribusi populasi mikroorganisme tanah khususnya bakteri dan jamur dan aktivitas mikroorganisme tanah pada beberapa umur revegetasi sengon berpengaruh tidak nyata, namun terlihat adanya peningkatan total populasi seiring meningkatnya umur revegetasi tetapi pengaruhnya tidak signifikan. Bakteri tanah pada umur 9 tahun dengan jumlah $149,6 \times 10^7$ cfu/g tanah dan tanpa revegetasi dengan jumlah $11,7 \times 10^7$ cfu/g tanah. Sementara untuk jamur, jumlah pada umur 23 dengan jumlah $17,7 \times 10^5$ cfu/g tanah dan pada tanah tanpa revegetasi dengan jumlah 2×10^5 cfu/g tanah . Untuk nilai respirasi tanah didapatkan dengan jumlah $19,65 \text{ mgCO}_2/\text{g/m}^2/\text{hari}$ di umur 18 tahun dan di tanah tanpa revegetasi didapatkan tidak terukur serta nilai biomassa C didapatkan dengan jumlah 0,079 % pada umur 9 tahun dan 0,022 % pada umur 14 tahun.
2. Dari kurva regresi hubungan/ korelasi beberapa umur revegetasi sengon dengan total populasi dan aktivitas mikroorganisme tanah serta beberapa sifat kimia tanah memperlihatkan hubungan yang lemah hingga erat. Hal ini disebabkan oleh pengaruh faktor lain seperti temperatur, kelembaban dan vegetasi di lahan bekas tambang batubara yang telah direvegetasi serta adanya toksik dari efek pengolahan pada tambang batubara ini.

B. Saran

1. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kegiatan revegetasi lahan bekas tambang batubara harus dilakukan.
2. Penelitian berikutnya dapat dilanjutkan dengan pengambilan sampel tanah pada kedalaman diatas 10 cm yang lebih mendekati daerah perakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adman, B. 2012. *Potensi Jenis Pohon Lokal Cepat Tumbuh Untuk Pemulihan Lingkungan Lahan Pascatambang Batubara (Studi Kasus di PT. Singlurus Pratama, Kalimantan Timur)*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ardi, R. 2009. *Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Kelerengan Dan Kedalaman Hutan Alam (Studi Kasus di Taman Nasional Gunung Leuser, Seksi Besitang)*. Universitas Sumatra Utara, Medan. 10-20 hal.
- Akbar, A., Manam dan Priyanto, E. 2002. *Laporan Hasil Penelitian Teknik Reklamasi Hutan Bekas Tambang Batubara*. Balai Penelitian Dan pengembangan Hutan Tanaman Indonesia Bagian Timur, Banjar.
- Anas, I. 1989. *Petunjuk Laboratorium Biologi Tanah dalam Praktek*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor. Bogor. 160 hal.
- Anderson, J.M dan Ingram, J.S.I. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*. Edisi II. C.A.B. Internasional. UK. 221 hal.
- Asman, A. 2006. *Perubahan Populasi Dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Pada Beberapa Penggunaan Lahan*. Universitas Andalas. Padang. 33 hal.
- Balai Penelitian Tanah. 2004. *Prosedur Pengambilan Contoh Tanah Untuk Analisa Mikroba*. Brosur Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. 2 hal.
- Barber, S. 1984. *Soil Nutrient Bioavailability "A Mechanistic Approach"*. Jhon Wiley and Sons, inc. New York. 198 hal.
- Darmawan, A dan Irawan, M.A. 2009. *Reklamasi lahan bekas tambang batubara PT Berau Coal, Kaltim*. Prosiding Workshop IPTEK Penyelamatan Hutan Melalui Rehabilitasi Lahan Bekas TambangBatubara. Balai Besar Penelitian Dipterokarpa. Samarinda. 17-26 hal.
- Delvian. 2004. *Aplikasi Cendawan Mikoriza dalam Reklamasi Lahan Kritis Pasca Tambang*. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatra Utara, Medan. 21 hal.
- Habazar, T dan Jumsu, T. 2002. *Mikrobiologi Umum: Teknik dan Prosedur Dasar Laboratorium*. Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuh, Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 75 hal.

- Hakim, N., Nyakpa M.Y., Lubis, A.M., Nugroho S.G., Saul, M.R., Diha, M.A., Hong, G.B. dan Bailey, H.H. 1984. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. BKS PTN/UNSAID (University of Kentucky) WUAE projech.
- Hakim, N., Nyakpa, M.Y., Lubis, A.M., Nugroho, S.G., Soul, M.R., Diha, M.A., Hong, G.B dan Bailey, H.H.. 1986. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung. 488 hal.
- Hakim, N. 2003. *Penuntun Ringkasan Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang. 27 hal.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Jakarta. Akademika Pressindo. 185 hal.
- Hartoyo. 2010. *Budidaya Sengon*. <http://htysite.co.tv/budidaya%2010sengon.htm>. Diakses pada 1 Oktober 2015.
- Hermawan, B. 2011. *Peningkatan Kualitas Lahan Bekas Tambang melalui Revegetasi dan Kesesuaiannya sebagai lahan pertanian tanaman pangan*. Posiding Seminar Budidaya Pertanian Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian. Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Hindersah, R dan Simarmata.S . 2004. *Potensi Rhizobakteri Azobacter dalam Meningkatkan Kesehatan Tanah*. Jurnal Natur Indonesia 5(2). Halaman 127-133.
- Husin, E.F. 1994. *Mikoriza*. Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Padang.
- Husin, E.F. 2000. *Penuntun Praktikum Cendawan Mikoriza Arbuskula*. Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Padang.
- Imas, T., Hadioetomo, R.S., Guanawan, A. W dan Setiadi, Y. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Bahan Pengajaran. IPB. Bogor. 145 hal.
- Kamus Bahasa Indonesia. 2012. *Silvikultur*. <http://kamusbahasaindonesia.org>. Diakses tanggal 01 Oktober 2014.
- Kartasapoetra A.G dan Sutedjo, M.M. 2005. *Pengantar Ilmu Tanah*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Lakitan. 2002. *Dasar- Dasar Klimatologi*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Lay, B.W. 1994. *Analisis Mikroorganisme di Laboratorium*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 168 hal.
- Latifah, S. 2003. *Kegiatan Reklamasi Pada Lahan Pascatambang*. <http://repository.ac.id>. Diakses diakses tanggal 16 Oktober 2014.

- Lembaga Penelitian Tanah. 1979. *Penuntun Analisa Fisika Tanah*. Departemen Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 47 hal.
- Lynch, J.M. 1990. Introduction: *Some consequences of microbial rhizosphere competence for plant and soil*. In : Lynch J.M, editors. *The Rhizosphere* New York: John Willey & Sons. 1-10 hal.
- Makalew, D.N.A. 2001. *Keanekaragaman Biota Tanah Pada Agroekosistem Tanpa Olah Tanah (TOT)*. Falsafah Sains (PPs 702) Program Pasca Sarjana/ S3 Institut Pertanian Bogor Juni 2001. http://www.hayati-ipb.com/user/rudct/indiv2001/alfa_dnm.htm+biomassaC+tanah&hl=id. 12 hal.
- Margarettha. 2010. *Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara Dengan Pupuk Hayati Mikoriza Sebagai Media Tanaman Jagung Manis*. J. Hidrolitan, Volume 1 : 3 : 1 – 10. Staf Pengajar pada Fakultas Pertaniann, Universitas Jambi. 2 hal.
- Metting, J.r. F.B. 1993. *Soil Microbial Ecology*. Application in Agricultural and Environmental Management. New York, Besel-Hongkong. 646 hal.
- Murjanto, D. 2011. *Karakteristik dan Perkembangan Tanah pada Lahan Reklamasi Bekas Tambang Batubara PT Kaltim Prima Coal (Tesis)*. Bogor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Novera, Y. 2008. *Analisis Vegetasi, Karakteristik Tanah dan Kolonisasi FMA pada Lahan Bekas Tambang Timah di pulau Bangka (Tesis)*. Bogor. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Nurida, N.L. 2001. *Pembukaan Lahan Secara Tebas Bakar Hubungannya dengan Tingkat Populasi dan Aktivitas Organisme Tanah*. Falsafah Sains (PPs 702) Program Pasca Sarjana/ S3 Institut Pertanian Bogor Desember 2001. http://ruduct.250x.com/sem1_012/neneng_nurida.htm. 13 hal.
- Nyakpa, Lubis, Pulung, Amrah, Munawar, Hong dan Hakim. 1988. *Kesuburan Tanah*. Penerbit : Universitas Lampung. Lampung 258 hal.
- Nyle, C. 1999. *The Natural and Properties Of Soil*. Twelfth edition. Prentice Hall. Upper Saddle River. New Jersey. 07458. 881 hal.
- Oyne, D. 1999. *Soil Mikrobiologi an Explanatory Approach*. Delmar Publisher, Washington.
- Paul dan Clark. 1989. *Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press. Inc. London. 273 hal.
- Pengelolaan Sumber Daya Air. 2015. Padang

- Poschlod, P., Bakker, J.P dan Kahmen, S. 2004. *Changing land use and its impact on biodiversity*. Basic and Applied Ecology 6 (2005). <http://www.sciencedirect.com>. 93-98 hal.
- Prasetyo, T.B.1997. *Pengaruh Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Mikroorganisme Tanah*. fakultas pertanian. Unand.
- PT. Allied Indo Coal Jaya. 2015. Pertambangan Batubara. Sawahlunto, Sumatra Barat.
- Rachmanadi, D. 2009. *Upaya Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara di Kalimantan Selatan*. Prosiding Seminar Bersama Hasil – hasil Penelitian 3 UPT Litbang Dephut Kalimantan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Samarinda.
- Rachmawaty. 2002. *Restorasi Lahan Bekas Tambang Berdasarkan Kaidah Ekologi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan. <http://library.usu.ac.id>. Diakses tanggal 19 oktober 2014.
- Rao, N. S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi Kedua UI press. Jakarta.
- Rossiana, N. 2003. *Penurunan Kandungan Logam Berat dan Pertumbuhan Tanaman Sengon (Paraserianthes falcataria. L) Bermikoriza Dalam Medium Limbah Lumpur Minyak Hasil Ekstraksi*. Jurnal. Universitas Padjajaran. Bandung. 11-14 hal. Diakses tanggal 20 Maret 2015.
- Sari, P.K., Harmanto. D, Wahdaniah, Herlina, Susanto, B. 2009. *Perbaikan lahan bekas Tambang Batubara dengan Teknologi Probiotik (Genus Aspergillus) di Kecamatan Cempaka, Kodya Banjarbaru*. Universitas Lambung Mangkurat. PKMT -2-12-2. 1-12 hal.
- Sari, P.M. 2011. *Keberhasilan Revegetasi Pada Lahan Tailing Pasir Pasca Penambangan Timah Dengan Tanaman Sengon Buto Di PT KUBA TIN*. Universitas Bangka Belitung.
- Sarifuddin. 2004. *Mikrobia Sebagai Indikator Kesehatan Tanah*. Falsafat Sains (PPS 702) Program Pasca Sarjana/S3 Institut Pertanian Bogor Desember 2004. http://tumoutou.net/pps702_9145/sarifuddin.pdf. 29 hal.
- Schlegel, H.G dan Schmidt, K. 1994. *Mikrobiologi Umum Edisi Keenam*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Scott, J.A., Bess, W., Richard C., Summerbell and Wendy, A. Untereiner. 2007. *A. Survey of Penicillium brevicompactum and P. Biolowiezense from indoor environments, with commentary on the taxonomy of the P. Brevicompactum group¹*. Botany 86: 732-741

- Setiadi, Y. 2004. *Bahan Kuliah Ekologi Restorasi*. Program Studi Ilmu Pengetahuan Kehutanan. Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian. Bogor. Institut Pertanian Bogor.
- Subowo, G. 2011. *Penambangan Sistem Terbuka Ramah Lingkungan dan Upaya Reklamasi Pasca Tambang Untuk Memperbaiki Kualitas Sumberdaya Lahan dan Hayati Tanah*. Jurnal Sumberdaya Lahan Vol. 5 No. 2. Balai Penelitian Tanah. Bogor. Diakses tanggal 14 Januari 2015.
- Suprpto, S. J. 2008. *Tinjauan Reklamasi Lahan Bekas Tambang dan Aspek Konservasi Bahan Galian*. <http://W.N.W.dim.esdm.go.id>. Diakses tanggal 16 Agustus 2014.
- Susilawati dan Maryati. A. 2012. *Identifikasi Mikroba Rhizosfer Tumbuhan Pioner di Lahan Bekas Penambangan Batubara sebagai Bahan Bioremediasi*. Posiding Seminar Nasional. Bogor.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik : Pemasyarakatan dan Pengembangannya*. Penerbit : Karnisius. Yogyakarta. 219 hal.
- Sutedjo, M.M., Kartasapoetra, A.G. dan Sastroatmodjo, S. 1991. *Mikrobiologi tanah*. PT. Bineka Cipta. Jakarta. 447 hal.
- Tan, K.H. 1993. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Goenardi, D.H., Penerjemah; Radjaguguk, B., Penyunting. Yogyakarta. Gadjah Mada Universitas Press. Terjemahan dari : Principles of Soil Chemistry. 295 hal.
- Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimatologi. 1993
- Wahyuni, S. 2013. *Perubahan Mikroorganisme Tanah Bekas Tambang Batubara Dan Hasil Tanaman Jagung (Zea mays) Melalui Pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Unand. Padang. 7 hal.
- Waluyo, L. 2004. *Mikrobiologi Umum*. Universitas Muhammadiyah Malang. Malang. 349 hal.
- Waluyo, L. 2009. *Mikrobiologi Lingkungan*. UMM Press. Malang. 1-9 hal.
- Waksman, S.A. 1952. *Soil Microbiology*. New York : John Willey & Sons. 237 hal.
- Widyati, E. 2006. *Bioremediasi Tanah Bekas Tambang Batubara dengan Sludge Industri Kertas Untuk Memacu Revegetasi Lahan*. Disertasi. Program Pendidikan Doktor IPB. Bogor.

- Widyati, E. 2007. *Formulasi Inokulum Mikroba: MA, BPF dan Rhizobium Asal Lahan Bekas Tambang Batubara untuk Bibit Acacia Crassicarpa Cunn. Ex-Benth*. BIODIVERSITAS. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam, Bogor. Volume 8, Nomor 3. 238-241 hal.
- Widyati, E. 2008. *Peranan Mikroba Tanah pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. 152 dan 158 hal.
- Wirasti, P. 2012. *Karakteristik Kimia Tanah dan Keberadaan Rhizobacteria Tumbuhan Akumulator dan Ekskluder Al dan Fe di Hutan Hujan Tropik Pinang – Pinang, Padang*. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. 7 hal.
- Wulandari, N.L.D., Meitini, W., Proborini dan I Ketut, S. 2013. *Eksplorasi Spasial Cendawan Tanah Pada Sekitar Rhizosfer Tanaman Jambu Mete (Anacardium occidentale L.) Di Karangasem Dan Buleleng-Bali*. Jurnal Simbiosis I (2): 85-101 hal.
- World Coal Institute. 2005. *Sumber Daya Batubara*. Tinjauan lengkap Mengenai Batu bara. www.worldcoal.org. Diakses pada tanggal : 10 Oktober 2012.
- Yulipriyanto, H. 2010. *Biologi Tanah Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Lampiran 1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Mei – Agustus 2015															
		Mei				Juni				Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Persiapan dan Survey lapangan	■	■														
2	Pengambilan Sampel Tanah			■													
3	Analisi Biologi Tanah				■	■	■	■	■	■	■	■	■				
5	Analisis Kimia Tanah							■	■	■	■	■	■				
7	Progres dan Skripsi													■	■	■	■

Lampiran 2. Bahan yang digunakan untuk analisis Tanah di Laboratorium

Nama Bahan	Jumlah
NaCl	8,5 g
K ₂ Cr ₂ O ₇	24,52 g
NH ₄ molibdat	15,2 g
1-amino 2-naftol 4-sulfanol	2,5 g
BaCl ₂	2,5 g
Medium NA	10 g
Medium PDA	10 g
Serbuk selen	10 g
KOH 2 N	2,7 g
K ₂ SO ₄ 0,5 N	12,26 g
KCl 1 N	37,2 g
NaOH	2 g
Aquades	20 l
Chloroform (CHCl ₃)	300 ml
HCl 0,5 N	400 ml
Indicator pp	15 ml
H ₂ SO ₄ 96%	210 ml
Buffer pH 4	10 ml
Buffer pH 7	10 ml
H ₃ BO ₃ 4%	200 ml
Asam klorida pekat 0,4 N	100 ml
Indicator conway	10 ml

Lampiran 3. Alat-alat yang Digunakan di Lapangan dan Laboratorium**a. Alat-alat yang digunakan di lapangan**

No	Nama Alat	Jumlah
1.	GPS	1 unit
2.	Pisau komando atau pisau cutter	2 unit
3.	Meteran	1 unit
4.	Ring sampel	15 unit
5.	Plastik + karet pengikat	0,25 kg
6.	Alat tulis	1 set
7.	Cangkul	1 set

Lanjutan Lampiran 3.

b. Alat-alat yang digunakan di laboratorium

Nama Alat	Jumlah
Ayakan 2 mm	1 unit
Batang pengaduk	1 unit
Botol semprot	1 unit
Bunsen	1 unit
Cawan Alumunium	2 unit
Petridish	30 unit
Erlenmeyer 100 ml ; 250 ml	15;4 unit
Tabung film	15 unit
Ent case	1 unit
Shaker	1 unit
Corong	15 unit
Testube	105 unit
Kulkas	1 unit
Gelas Ukur (5; 100 ml)	1; 1 unit
Gelas Piala 1000 ml	1 unit
Oven	1 unit
Bejana kedap udara	15 unit
Cawan aluminium	12 unit
Labu kejeldhal	5 unit
Kertas saring	2 gulung
Tissue	3 gulung
Plastik wrap	1 gulung
Aluminium foil	1 gulung
Hot plate	1 set
Kertas label	2 set
pH meter	1 set
Laminar Air Flow	1 set
Alat destruksi	1 set
Mikro Pipet	1 set
Spektofotometer	1 set
Timbangan analitik	1 set
Alat destilasi	1 set
Kuvet	1 set

Lampiran 4. Metode Analisis di Laboratorium dan Lapangan

a) Prosedur Analisis Biologis Tanah di Laboratorium

1. Prosedur Pembiakan Mikroorganisme dan Penghitungan Populasi Mikroorganisme Pada Media Agar (Anas, 1989).

a. Bahan dan Alat

10 g tanah, Larutan Fisiologis (8,5 g NaCl + 1 L Aqudest), NA, PDA, Aquadest, tabung reaksi, erlenmeyer 250 ml, petridist, plastik *wrap*, bunsen

b. Cara Kerja

Disiapkan 10 g sampel tanah, dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 ml yang berisi 90 ml larutan fisiologis, dikocok selama 15 menit. Dipipet 1 ml larutan tanah tersebut ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 9 ml aquadest kemudian kocok sebentar, ini dinamakan pengenceran 10^{-2} . Dari pengenceran ini dipipet dan dimasukkan ke dalam test tube yang juga berisi 9 ml aquadest lalu dikocok sebentar dan ini dinamakan pengenceran 10^{-3} . Pengenceran dilakukan sampai 10^{-6} atau 10^{-7} dengan cara yang sama untuk biakan bakteri, sedangkan untuk biakan jamur pengenceran cukup sampai 10^{-4} atau 10^{-5} saja. Lanjutkan pengenceran dibiakkan dalam petridist yang telah berisi media NA dan PDA dengan cara memipet 1 ml suspensi kedalam petrisist tersebut. Selanjutnya kultur diinkubasi selama ± 3 hari dan dihitung jumlah koloni yang tumbuh untuk tiap taraf pengeneran, maka jumlah populasi yang diinginkan dapat diketahui dengan menggunakan rumus perhitungan populasi mikroorganisme total. Untuk media biakan bakteri digunakan Nutrien Agar (NA), sedangkan untuk jamur digunakan Potato Dextrose Agar (PDA).

c. Perhitungan

Populasi Mikroorganisme total (CFU) = $a \times 1/n$

Keterangan : a = jumlah koloni , n = tingkat pengenceran

2. Prosedur Pengukuran Biomassa C Mikroorganisme Tanah (*Anderson dan Ingram (1993)*)

a. Bahan dan Alat

Tanah, Chloroform, K_2SO_4 0,5 N, $BaCl_2$ 0,5 %, $K_2Cr_2O_7$ 1N, H_2SO_4 96%, standar baku, tabung film, gelas piala, gelas ukur, cawan, eksikator vakum, oven dan timbangan.

b. Cara Kerja

Ditimbang 3 sampel tanah yang masih dalam keadaan lembab, sampel masing-masing 5 g. Sampel pertama dan kedua dimasukkan ke dalam tabung film, selanjutnya sampel ketiga dimasukkan dalam cawan aluminium untuk menghitung KKA. Sampel pertama diberi larutan Chloroform sebanyak 10 ml dikeringkan dalam eksikator vakum, sampel kedua tidak diberi, namun tetap disimpan di eksikator vakum. Setelah chloroform kering, sampel pertama dan kedua di ekstrak dengan K_2SO_4 0,5 M sebanyak 50 ml, kemudian dikocok selama 30 menit. Ekstraksi yang diperoleh disaring dengan kertas saring, kemudian diambil 30 ml. Filtrat yang didapatkan dianalisis dengan menggunakan metoda Walkey and Black. Filtrat 30 ml ditambahkan $K_2Cr_2O_7$ 1N 10 ml, H_2SO_4 96 % 20 ml setelah dingin ditambahkan $BaCl_2$ 0,5 % 100 ml dan didiamkan selama 1 x 24 jam. Besoknya sampel dapat diukur dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 645 nm. Setelah hasil didapatkan di hitung dengan menggunakan rumus % C organik tanah untuk Fumigasi dan Non Fumigasi dan dilanjutkan dengan menggunakan rumus % C organik dan % Biomassa.

c. Perhitungan

Penentuan kandungan C di hitung dengan rumus berikut :

$$- \% C \text{ organik} = \frac{mg \text{ kurva}}{mg \text{ sampel}} \times 100 \% \times KKA$$

$$- \%C \text{ organik} = \%C \text{ organik tanah fumigasi} - \%C \text{ organik tanah non fumigasi}$$

$$- Biomassa = \%C \text{ organik} \times 2,46$$

3. Prosedur Penentuan Respirasi Mikroorganisme Tanah Di Lapangan Dengan Metode Penangkapan CO₂, Dalam Keadaan Kedap Udara (Anderson dan Ingram, 1993).

a. Bahan dan Alat

KOH 1 N , BaCl₂ 0,5 M, HCl 1 N , indikator phenolphthalein (pp), Kotak plastik kedap udara, buret 50 ml, petridish steril dan tabung film.

b. Cara Kerja

Kotak plastik pertama berukuran 20x20 cm di letakkan di atas tanah yang telah dibersihkan dari tumbuhan, kemudian dimasukkan botol film yang telah diisi KOH 1 N 5 ml . Kotak plastik kedua dengan ukuran yang sama diletakkan pada ruang tertutup, kemudian dimasukkan petridish yang berisi KOH 1 N 5 ml sebagai blanko. larutan pada botol film ditambahkan BaCl₂ 0,5 M 5 ml dan indikator pp 4 tetes. Kemudian titrasi dengan HCl 1 N sampai warna merah hilang. Tentukan nilai CO₂ yang dihasilkan. Pengamatan respirasi dilakukan di lapangan untuk mengetahui besarnya respirasi pada permukaan tanah.

c. Perhitungan :

KOH akan bereaksi dengan CO₂, CO₂ yang diserap oleh KOH dihitung atas dasar bahwa 1 ml HCl 1 M setara dengan 22 mg CO₂. Berarti besarnya respirasi pada permukaan tanah 20x20 cm adalah sebagai berikut :

$$\text{CO}_2 \text{ (mg)} = (S - C) 22 \times 25 \times 4$$

Keterangan :

C = Volume HCl blanko terpakai (ml)

S = Volume HCl sampel terpakai (ml)

4 = 24 jam/hari/6jam (lama inkubasi)

22 = CO₂ (mg) untuk 1 ml HCl 1 M

25 = luas kotak 20 cm × 20 cm/ ha (m²)

4. Pengamatan Morfologis

Pengamatan morfologis koloni meliputi warna, bentuk koloni, bentuk tepian koloni dan penampang samping yang berpedoman pada Habazar *et al.* (2002) dan Waluyo (2004).

b) Prosedur Analisis Kimia Tanah di Laboratorium

1. Penetapan pH Tanah dengan metode elektrometrik (Hakim *et al.*, 1984)

a. Bahan dan Alat

Sampel tanah, H₂O, buffer pH 4 dan pH 7, tabung film, mesin pengocok, pH meter.

b. Cara Kerja

Tanah kering udara sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam tabung film dan ditambahkan 10 ml aquades. Dikocok 15 menit dengan mesin pengocok, kemudian diamkan sebentar dan dilakukan pengukuran dengan menggunakan pH meter yang dibakukan dengan larutan penyangga pH 4 dan 7.

2. Penetapan C-organik dengan Metoda Walkley dan Black (Hakim *et al.*, 1984)

a. Bahan dan Alat

K₂Cr₂O₇ 1 N, H₂SO₄ pekat, BaCl 0,5% dan larutan sakrosa baku, erlenmeyer, tabung reaksi, kuvet, spektrofotometer

b. Cara kerja

Sampel tanah 0,5 g kering udara dimasukkan ke dalam erlenmeyer, tambahkan 10 ml 1N K₂Cr₂O₇ dan 20 ml H₂SO₄ pekat, lalu digoyang hingga tercampur dan diamkan selama 30 menit, setelah itu tambahkan 100 ml BaCl₂ 0,5 %. Hal yang sama dilakukan juga terhadap larutan sakrosa baku, diamkan selama 1 malam. Setelah itu larutan dipindahkan ke dalam tabung reaksi kemudian dimasukkan ke dalam kuvet dan lakukan pengukuran dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 645µm. Catat transmitannya dan konversikan ke absorbannya. Buat kurva baku berdasarkan kepekatan C sakarosa baku dari 0 sampai 25 mg.

c. Perhitungan

$$\text{C organik (\%)} = \frac{\text{mg C kurva}}{\text{mg sampel tanah}} \times 100 \times \text{KKA}$$

$$\text{Bahan Organik (\%)} = \% \text{C organik} \times 1,724$$

3. Penetapan N Total Tanah dengan metode Kjeldahl (Hakim, 2003)

a. Bahan dan Alat

H₂SO₄ 96%, Na₂SO₄ 40 %, H₃BO₃ 4 %, Indikator Conway, dan serbuk selenium, ayakan 250 mikron, labu kjeldhal, tungku listrik, lemari asam, erlenmeyer 250 ml.

b. Cara kerja

Ditimbang 0,5 g contoh tanah yang telah disaring dengan ayakan 250 mikron, dimasukkan ke dalam labu kjeldhal 50 ml, kemudian ditambahkan 1 g bubuk selenium dan 5 ml asam sulfat pekat, lalu digoyangkan. Campuran didestruksi di atas tungku listrik dalam lemari asam dengan api kecil, kemudian dibesarkan sampai larutan menjadi putih susu, diangkat dan didinginkan, lalu ditambahkan 20 ml H₃BO₃ 4 % dalam Erlenmeyer 250 ml dan ditambahkan 3 tetes indikator conway. Tungku pemanas dihidupkan dan didestilasi selama 15 menit, tetesan destilat akan turun melalui pipa penyuling ke dalam Erlenmeyer penampung. Destilasi dihentikan bila larutan penampung berubah menjadi warna hijau kebiruan. Bila tetesan destilat tidak lagi mengandung Amoniak, hasil destilat diangkat ujung pipa yang terendam destilat disemprot dengan air suling. Ujung pipa dimasukkan ke dalam tabung yang berisi aquades dan api tungku dimatikan. Hasil destilasi dititar dengan larutan HCl 0,1 N samapai warna hijau berubah menjadi warna merah muda. Jumlah H₂SO₄ yang terpakai dicatat (a). Lalu dilakukan cara yang sama terhadap blanko (b).

c. Perhitungan : $N \text{ total } (\%) = (a - b) \times N \times 14 \times 100/w \times KKA$

Dimana :

- a = ml H_2SO_4 titer contoh
- b = ml H_2SO_4 titer Blanko
- N = normalitas H_2SO_4 penitar (0,1)
- 14 = bobot atom Nitrogen
- KKA = $1 + KA$
- w = berat sampel tanah (mg)

Lampiran 5. Kriteria Penilaian Sifat Kimia Tanah (*Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1993*).

Sifat Tanah	Sangat rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat tinggi	
C-Organik (%)	< 1,0	1,0 – 2,0	2,01 – 3,0	3,01 – 5,0	>5,0	
N- total (%)	< 0,1	0,1 – 0,2	0,21 – 0,5	0,51– 0,75	>0,75	
C/N	< 5	5-10	11-15	16-25	>25	
	Sangat masam	masam	Agak masam	Netral	Agak alkalis	Alkalis
pH (H ₂ O)	< 4,5	4,5 – 5,5	5,6 – 6,5	6,6 – 7,5	7,6 – 8,5	>8,0

Lampiran 6. Identifikasi jamur yang diperoleh dari penelitian sebelumnya
(Wulandari dkk, 2013)

Warna miselium	Nama jamur
Hijau abu - abu	<i>Penicillium sp.</i>
Hijau tua	<i>A . Fumigatus</i>
Hijau gelap	<i>Trichoderma sp.</i>
Putih	<i>Aspergillus sp.</i>
Hijau muda	<i>A. Flavus</i>
Merah muda	<i>Paecylomyces</i>

ampiran 7 . Morfologi koloni bakteri dan jamur tanah lahan revegetasi

Simbol	Umur Revegetasi (tahun)	Bakteri			Jamur		
		Warna dan Ciri koloni	keragaman	Jumlah	Warna dan Ciri koloni	keragaman	Jumlah
A	kontrol	Putih,bulat,cembung, utuh Putih, tak teratur, cembung,berombak Putih, berbenang, serupa akar, berbelah Bening,bulat, rata, berombak	4	35	Hijau abu-abu, bundar, utuh Hijau gelap, bundar, utuh Hijau tua, bundar, utuh	3	6
B	9	Putih,bulat,cembung, utuh Putih,titik- titik,cembung,utuh Bening,bulat,rata berombak Orange, bulat, cembung, utuh Putih, tak teratur, rata, berombak	5	449	Putih, bundar, utuh Hijau gelap, bundar, utuh Hijau abu-abu, bundar, utuh	3	6
C	14	Putih, bulat, cembung, utuh Kuning krem, bulat, cembung, utuh Putih,titik-titik, cembung, utuh Kuning, bulat,cembung, utuh	4	254	Hijau abu-abu, bundar, utuh Putih, berbenang, bergerigi Putih, bundar, utuh Kuning kehijauan, bundar, menyebar	4	10
D	18	Putih, bulat, cembung, utuh Putih, titik –titik, cembung, utuh Bening, bulat, rata, berombak Putih, tak teratur, cembung,berombak	4	322	Hijau gelap, bundar, utuh Merah muda, datar, menyebar Hijau abu – abu, bundar, utuh	3	5
E	23	Putih, titik –titik, cembung, utuh Putih, tak teratur, cembung,berombak Putih, bulat, cembung, utuh Bening, bulat, rata, berombak	4	280	Putih, bundar, utuh Hijau tua, bundar, utuh Hijau abu-abu, bundar, utuh Hijau gelap, bundar, utuh	4	53

Keterangan urutan deskripsi ciri koloni :

- Bakteri : warna, bentuk koloni dari atas, permukaan koloni dari samping, tepi koloni dari atas
- Jamur : warna, bentuk koloni dari atas, bentuk areal miselia

Lampiran 8. Korelasi (R^2) antara umur revegetasi dengan populasi mikroorganisme tanah dan beberapa sifat kimia tanah.

	Umur	Bakteri	Jamur	Respirasi	Biomassa C_{mic}	pH	C organik	N total	C/N
Umur		0.256 ts	0.472 **	0.581 **	0.085 ts	0.091 ts	0.690 **	0.801 **	0.832 **
Bakteri	0.256 *		0.004 ts	0.727 **	0.574**	0.054 ts	0.019 ts	0.037 ts	0.238 *
Jamur	0.472 **	0.004 ts		0.020 ts	0.119 ts	0.211 *	0.333 *	0.855 **	0.293 *
Respirasi	0.581 **	0.727 **	0.020 ts		0.142 ts	0.040 ts	0.331 *	0.182 ts	0.438 *
Biomassa C_{mic}	0.085 ts	0.574 **	0.119 ts	0.142 ts		0.008 ts	0.038 ts	0.051 ts	0.125 ts
pH	0.091 ts	0.054 ts	0.211 *	0.040 ts	0.008 ts		0.001 ts	0.174 ts	0.353 *
C Organik	0.690 **	0.019 ts	0.333 *	0.331 *	0.038 ts	0.001 ts		0.658 **	0.317 *
N total	0.801 **	0.037 ts	0.855 **	0.182 ts	0.051 ts	0.174 ts	0.658 **		0.545 **
C/N	0.832 **	0.238 *	0.293 *	0.438 *	0.125 ts	0.353 *	0.317 *	0.545 **	

Keterangan : ts = tidak signifikan, ** signifikan pada taraf $p \leq 0.01$, * signifikan pada taraf $p \leq 0.05$

Lampiran 9. Situasi aktual lokasi penelitian (Juli 2015)

Tahun revegetasi	Umur Revegetasi	Vegetasi utama	Vegetasi lain	Elevasi (m dpl)	Titik koordinat
-	Tanpa revegetasi	-	Tidak ada vegetasi lain	378	00°36'20,2" LS 100°48'20,9" BT
2006	9	Sengon	<i>Mimosa pudica</i> <i>Imperata cylindrica .L</i> <i>Gleichenia leaevigata</i>	471	00°36'10,7" LS 100°47'39,7 BT
2001	14	Sengon	<i>Mimosa pudica</i> <i>Imperata cylindrica</i> <i>Cyperus rotundus. L</i>	454	00°35'54,8" LS 100°48'00,5" BT
1997	18	Sengon	<i>Imperata cylindrica. L</i> <i>Mimosa pudica</i> <i>Cyperus rotundus. L</i>	357	00°36'18,7" LS 100°47'57,1" BT
1992	23	Sengon	<i>Mimosa pudica</i> <i>Cyperus rotundus. L</i> <i>Leguminosae</i> <i>Imperata cylindrica .L</i> <i>Melastoma malabratium</i>	471	00°35'54,8" LS 100°48'00,5 BT