

**KARBON BIOMASSA MIKROBA SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS  
TANAH DI LAHAN PENAMBANGAN PASIR**

Oleh :

**HERNI MAULIDYA FAUZIANA**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**MALANG**

**2019**



**KARBON BIOMASSA MIKROBA SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS  
TANAH DI LAHAN PENAMBANGAN PASIR**

Oleh:

**HERNI MAULIDYA FAUZIANA**

**145040200111111**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN**

**SKRIPSI**

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

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**JURUSAN TANAH**

**MALANG**

**2019**

**PERNYATAAN**

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing.

Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun sebelumnya dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini serta disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, November 2019

Herni Maulidya Fauziana

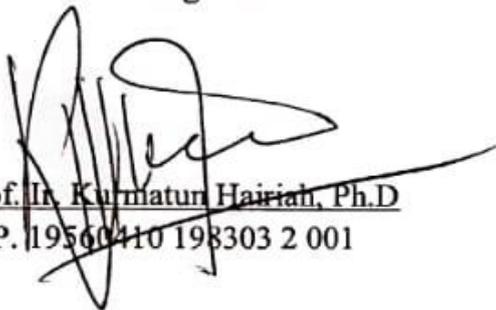


**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul Penelitian : KARBON BIOMASSA MIKROBA SEBAGAI  
INDIKATOR KUALITAS TANAH DI LAHAN  
PENAMBANGAN PASIR  
Nama Mahasiswa : Herni Maulidya Fauziana  
NIM : 145040200111111  
Jurusan : Tanah  
Program Studi : Agroekoteknologi

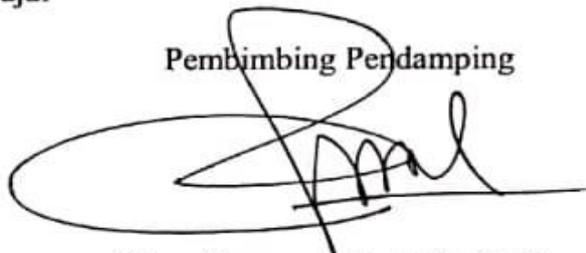
Disetujui

Pembimbing Utama



Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D  
NIP. 19560410 198303 2 001

Pembimbing Pendamping



Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D  
NIP. 19730103 199802 1 002

Diketahui,

Ketua Jurusan Tanah



Syahri Kurnawan, SP., MP., Ph.D  
NIP. 19791018 200501 1 002

Tanggal Persetujuan : 06 NOV 2019

**LEMBAR PENGESAHAN**

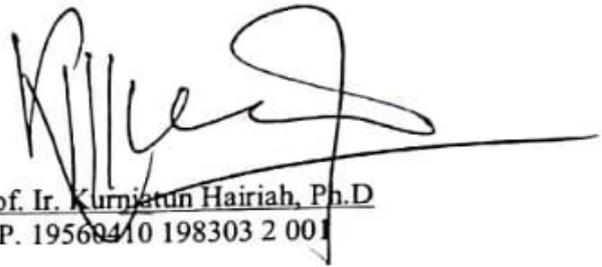
Mengesahkan  
**MAJELIS PENGUJI**

**Penguji I**



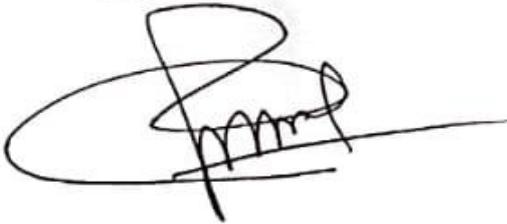
Syahrul Kurniawan, SP., MP., Ph.D  
NIP. 19791018 200501 1 002

**Penguji II**



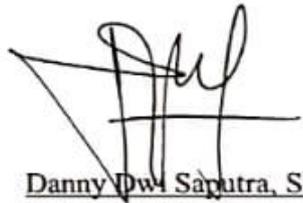
Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D  
NIP. 19560410 198303 2 001

**Penguji III**



Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D  
NIP. 19730103 199802 1 002

**Penguji IV**



Danny Dwi Saputra, SP., M.Si  
NIK. 201106 860317 1 001

**Tanggal Lulus: 20 DEC 2019**

## RINGKASAN

Herni Maulidya Fauziana. 145040200111111. KARBON BIOMASSA MIKROBA SEBAGAI INDIKATOR KUALITAS TANAH DI LAHAN PENAMBANGAN PASIR. Dibimbing oleh Kurniatun Hairiah dan Cahyo Prayogo

---

Penambangan batu dan pasir di lahan-lahan pertanian dan tebing-tebing sungai dapat memberikan tambahan pendapatan bagi masyarakat di Kecamatan Wajak, karena material letusan gunung berapi umumnya berkualitas bagus dan banyak dibutuhkan untuk pembangunan berbagai macam bangunan. Namun demikian, kegiatan penambangan pasir tersebut mengakibatkan degradasi keanekaragaman hayati dan kesuburan tanah sehingga terjadi penurunan biomassa tanaman dan cadangan karbon. Reklamasi lahan sisa penambangan pasir umumnya menggunakan jenis pohon dengan pertumbuhan cepat seperti sengon (*Paraserianthes falcataria*) yang kadang-kadang dikombinasikan dengan tanaman kopi ataupun dengan tanaman semusim. Masukan seresah yang beragam (jumlah dan kualitasnya) melalui penanaman pohon ini bermanfaat untuk mempertahankan kelembaban tanah dan meningkatkan aktivitas organisme tanah. Salah satu indikator perbaikan kualitas tanah dapat diukur dari tingkat karbon biomassa mikroba (MBC), dimana semakin besar MBC berarti kesuburan tanah semakin membaik. Tujuan penelitian: (1) Untuk mengevaluasi dampak penambangan pasir terhadap MBC, (2) Untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan lahan agroforestri pada lahan bekas penambangan pasir terhadap MBC. Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang, pada bulan Mei hingga Oktober 2018.

Contoh tanah diambil dari sub-plot berukuran 400 m<sup>2</sup> dengan kedalaman tanah 30 cm, dari 3 macam lahan: (1) Agroforestri multistrata (AFM), (2) Agroforestri sederhana (AFS) dan (3) lahan tanaman semusim monokultur (TS). Ketiga jenis lahan tersebut dipilih dari 3 lokasi penambangan pasir yang berbeda: (1) lahan sudah pernah ditambang (ST), (2) lahan yang belum pernah ditambang (BT), dan (3) lahan yang masih “sedang” ditambang (MT), dengan jumlah ulangan 3 kali. Pengukuran yang dilakukan: total MBC (metode fumigasi-ekstraksi), Berat Isi tanah, pH, dan total C-organik.

Kegiatan penambangan pasir di lokasi penelitian menurunkan hampir 50% MBC dari 0,58  $\mu\text{g C g}^{-1}$  menjadi 0,32  $\mu\text{g C g}^{-1}$ . Adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah (berupa pupuk kandang dan pupuk kimia) setelah penambangan, meningkatkan MBC (sekitar 50%) dari 0,32  $\mu\text{g C g}^{-1}$  menjadi 0,69  $\mu\text{g C g}^{-1}$ , dan total C-organik juga meningkat dari 0,8 % menjadi 1,4 %, namun hasil yang diperoleh semuanya masih tergolong rendah. MBC di sistem agroforestri multistrata lebih besar (rata-rata 0,79  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) dibandingkan di tanah agroforestri sederhana (rata-rata 0,56  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ), maupun pada lahan kosong yang tidak ditanami (rata-rata hanya 0,32  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ). Hasil pengukuran MBC dan kadar C-organik tanah merupakan indikator kualitas tanah yang cukup kuat untuk mengevaluasi usaha reklamasi lahan bekas tambang.

## SUMMARY

Herni Maulidya Fauziana. 145040200111111. MICROBIAL BIOMASS C AS SOIL QUALITY INDICATORS ON SAND MINING LANDS. Supervised by Kurniatun Hairiah and Cahyo Prayogo

Mining of stone and sand on agricultural lands and river banks can provide additional income for farmers in Wajak District, because volcanic eruption materials are generally good quality and are needed for the construction of various kinds of buildings. However, these sand mining activities result in biodiversity degradation, decline soil fertility and a decrease in plant biomass and carbon stocks. Reclamation of sand mining land is generally planted with fast-growing tree species such as sengon (*Paraserianthes falcataria*) which are sometimes combined with coffee tree or annual crops. Diverse litter input (quantity and quality) is useful for maintaining soil moisture and soil microbial activity. Indicators of soil quality improvement can be measured from the level of microbial biomass carbon (MBC), the higher MBC the better soil quality would be. The objectives of this study are (1) To evaluate the impact of sand mining on MBC, (2) To evaluate the improvement of soil quality (level of MBC) on agroforestry systems in the sand mining area. This research was conducted in Wajak District, Malang Regency, from May till October 2018

Soil samples taken from sampling plot sized of 400 m<sup>2</sup> of soil depth 30 cm, from 3 types of land uses: (1) Multistrata agroforestry (AFM), (2) simple Agroforestry (AFS) and (3) monoculture annual crop land (TS). Those three land uses were located in 3 different sand mining locations: (1) land that had been mined (ST), (2) land that had never been mined before (BT), and (3) land where mining is still on going (MT), with the number of replications 3 times. Measurements made are MBC (fumigation-extraction method), soil bulk density, soil pH and total C-organic.

Sand mining activities at the study site reduced the value of MBC from 0.58  $\mu\text{g C g}^{-1}$  to 0.32  $\mu\text{g C g}^{-1}$ . The addition of organic matter (manure) into the soil after mining and combined with chemical fertilizer application, resulted 50% increase of MBC from 0.32  $\mu\text{g C g}^{-1}$  to 0.69  $\mu\text{g C g}^{-1}$ , and C-organic concentration increased from 0.79% to 1.39% but the obtained results are still relatively low. MBC in the multistrata agroforestry system is greater (an average of 0.79  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ) compared to simple agroforestry (an average of 0.56  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ), and on bare land (an average of 0.32  $\mu\text{g C g}^{-1}$ ). Measurements of MBC and soil C-organic content are good indicators of soil quality to evaluate the success of land reclamation efforts on sand mining area.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Karbon Biomassa Mikroba Sebagai Indikator Kualitas Tanah di Lahan Penambangan Pasir” ini. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, adik serta keluarga besar yang telah memberikan doa dan dukungan moril maupun materiil dalam proses penyelesaian skripsi kepada penulis
2. Ibu Prof. Ir. Kurniatun Hairiah, Ph.D selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan kesempatan penulis untuk bergabung dalam pelaksanaan penelitian ini, serta memberikan motivasi, masukan dan saran kepada penulis dalam penelitian
3. Bapak Cahyo Prayogo, SP., MP., Ph.D selaku Pembimbing Pendamping yang telah memberikan motivasi, masukan dan saran kepada penulis dalam penelitian
4. Tim penelitian Wajak diantaranya Arya, Jona, Hilmi, Bang Cendekia serta Mas Ibnu, Mas Rizki, Mbak Eka dan Irma
5. Perangkat desa dan Warga Desa Bambang, Kec. Wajak yang telah banyak membantu kelancaran pengambilan data di lapang
6. Rekan-rekan “Pejuang Skripsi” dan “14m SOILER” yang telah banyak membantu, memberikan semangat dan dukungan
7. Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu dan memberikan semangat kepada penulis

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi, sehingga kritik dan saran sangat diperlukan penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Malang, November 2019

Penulis

## RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap HERNI MAULIDYA FAUZIANA dari pasangan Bapak Edy Agus Herdianto dan Ibu Eny Yuliasutik. Penulis dilahirkan di Ponorogo pada tanggal 9 Agustus 1995 sebagai anak pertama dari dua bersaudara.

Penulis memulai pendidikan di TK RA Muslimat Setono pada tahun 2001-2002, kemudian penulis melanjutkan pendidikan dasar di MI Ma'arif Setono pada tahun 2002-2008. Pada tahun 2008-2011 penulis menempuh pendidikan di SMPN 2 Ponorogo, kemudian melanjutkan pendidikan di SMAN 1 Ponorogo pada tahun 2011-2014. Pada tahun 2014 penulis terdaftar sebagai mahasiswi Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya melalui jalur SBMPTN, dengan Jurusan Tanah setelah menempuh semester 5.

Selama masa kuliah penulis aktif dalam bidang akademik maupun dalam kegiatan kemahasiswaan. Dalam bidang akademik penulis pernah menjadi asisten praktikum Dasar Ilmu Tanah pada tahun 2015-2016. Pada tahun 2016-2017 menjadi asisten praktikum Survei Tanah dan Evaluasi Lahan serta Morfologi, Genesis, dan Klasifikasi Tanah pada tahun 2018. Sedangkan dalam kegiatan kemahasiswaan, penulis pernah menjabat sebagai Staff Kementerian Dalam Negeri BEM FP UB 2015, Dirjen Kementerian Dalam Negeri BEM FP UB 2016, Staff Departemen Humas Himpunan Mahasiswa Ilmu Tanah 2017, dan staff PSDM dalam organisasi Sobat Bumi Indonesia regional Malang tahun 2018. Penulis juga pernah aktif dalam kepanitiaan Program Orientasi Studi Terpadu (POSTER FP UB) 2015, Bina Desa Nasional (BINDESNAS IBEMPI) 2016, Galang Mitra dan Kenal Profesi (GATRAKSI) 2017 dan GATRAKSI 2018, juga dalam kepanitiaan Persiapan GALIFU 2017.

DAFTAR ISI

Halaman

<b>RINGKASAN .....</b>	<b>i</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>iii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Pertanyaan Penelitian.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Alur Pikir.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Dampak Penambangan Pasir.....	5
2.2 Bahan Organik, C-Organik, dan Mikroorganisme Tanah.....	5
2.3 Peranan Mikroorganisme Tanah pada Kesuburan Tanah.....	6
2.4 Faktor yang Mempengaruhi Biomassa Mikroorganisme.....	7
2.5 Karbon Biomassa Mikroba.....	7
<b>III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>9</b>
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	9
3.2 Alat dan Bahan.....	9
3.3 Rancangan Percobaan.....	10
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	11
3.5 Analisis Data.....	13
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>15</b>
4.1 Hasil.....	15
4.2 Pembahasan.....	25
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>29</b>
5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>33</b>



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Alur logika teori yang dipakai sebagai dasar penelitian.....	4
2.	Peta administasi lokasi penelitian.....	9
3.	Plot pengamatan (a) ST TS, (b) ST AFS, (c) ST AFM, (d) MT.....	10
4.	Plot pengamatan (a) BT AFM, (b) BT TS, (c) BT AFS.....	11
5.	Denah titik pengambilan contoh.....	12
6.	Rata-rata curah hujan bulanan pada tahun 2007, 2009, 2012 2014 dan 2016 di DAS Lesti .....	16
7.	Sebaran diameter pohon (DBH) pada plot pengamatan .....	17
8.	Persentase fraksi tekstur tanah di kedalaman 30 cm pada masing-masing lahan pengamatan .....	18
9.	Rata-rata pH tanah kedalaman 30 cm di lahan pengamatan.....	19
10.	(A) C-organik (s.e.d : 0,23) dan (B) $C_{org}/C_{ref}$ (s.e.d : 0,1) pada kedalaman 30 cm di lokasi pengamatan .....	20
11.	$C_{org}/C_{ref}$ tanah di kedalaman tanah 30 cm pada lokasi pengamatan .....	22
12.	(A) Berat Isi tanah dan (B) BI/BI-ref1 tanah di kedalaman tanah 30 cm pada saat lahan sebelum dan setelah penambangan pasir dibandingkan dengan kadar C-organik saat lahan sedang ditambang.....	25
13.	Nilai karbon biomassa mikroba terhadap penggunaan lahan .....	23
14.	Nilai karbon biomassa mikroba terhadap aktivitas penambangan .....	24
15.	Hubungan C-organik dengan karbon biomassa mikroba tanah.....	25
16.	Hubungan C-organik tanah dengan BI tanah.....	28
17.	Segitiga tekstur (USDA) untuk penetapan kelas tekstur .....	34
18.	Plot pengamatan Agroforestri Multistrata .....	37
19.	Plot pengamatan Agroforestri Sederhana .....	37
20.	Plot pengamatan lahan masih tambang.....	37
21.	Proses ekstraksi.....	37
22.	Hasil pipet fraksi debu .....	37
23.	Analisis tekstur tanah metode pipet.....	37
24.	Pembuatan larutan kloroform .....	38
25.	Proses pembuatan kloroform .....	38
26.	Pembuatan larutan $K_2SO_4$ .....	38
27.	Pengocokan contoh tanah dengan $K_2SO_4$ .....	38
28.	Pengukuran aquades untuk analisis C-Organik .....	39
29.	Proses analisis C-Organik tanah .....	39
30.	Proses pemisahan fraksi kasar dan fraksi halus.....	39
31.	Proses analisis tekstur tanah .....	39
32.	Analisis pH tanah dengan pH-meter.....	40
33.	Proses menimbang contoh tanah .....	40



DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
34.	Penambahan larutan $K_2SO_4$ untuk ekstraksi.....	40



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Kombinasi pengamatan 2 faktor perlakuan.....	11
2.	Luas bidang dasar pada plot pengamatan.....	16
3.	Hasil sidik ragam Berat isi .....	41
4.	Hasil sidik ragam BI/BI-ref.....	41
5.	Hasil sidik ragam pH.....	41
6.	Hasil sidik ragam C-organik .....	42
7.	Hasil sidik ragam Karbon biomassa mikroba .....	42
8.	Hasil sidik ragam C-org/C-ref.....	43



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1.	Prosedur Analisa Tanah.....	33
2.	Dokumentasi Penelitian.....	37
3.	Analisis Ragam.....	41



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kecamatan Wajak yang terletak di kaki Gunung Semeru bagian barat merupakan salah satu daerah terdampak letusan gunung Semeru tahun 1994, dengan material letusan yang dikeluarkan berupa abu, pasir dan kerikil. Material vulkanik setelah erupsi biasanya miskin hara dan C-organik, bersifat mengeras bila terkena air sehingga infiltrasi air terhambat, serta berdampak pada peningkatan risiko tanaman mengalami kekeringan. Namun dengan berjalannya waktu, akan terjadi perubahan kondisi dari tanah miskin hara menjadi tanah subur, yang kecepatan dan besarnya perubahan ditentukan oleh macam manajemen lahan tersebut. Menurut Sukarman (2015), kandungan hara tanaman pada abu vulkanik belum dalam keadaan tersedia bagi tanaman, karena masih berbentuk mineral primer, sehingga belum tersedia untuk tanaman. Pada kondisi pascaerupsi, sistem pertanian harus berubah menjadi sistem pertanian dengan masukan yang tinggi, biasanya petani mengaplikasikan pupuk organik dan anorganik dalam jumlah besar untuk meningkatkan ketersediaan hara dan melakukan penambahan air, serta menggunakan bahan pembasmi hama dan penyakit sehingga membutuhkan modal yang tinggi. Di lain sisi produksi tanaman yang diperoleh rendah, maka petani lebih sering rugi dari bertani sehingga mendorong petani mencari opsi lain untuk meningkatkan pendapatannya.

Penambangan batu dan pasir di lahan-lahan pertanian dan di tebing-tebing sungai merupakan sumber tambahan pendapatan bagi masyarakat di Kecamatan Wajak (DAS Bangsri), karena material letusan gunung berapi umumnya berkualitas bagus dan banyak dibutuhkan untuk pembangunan jalan raya, jembatan dan bangunan perkantoran dan perumahan. Berdasarkan PP No 23 Tahun 2010 tentang “Pelaksanaan Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral dan Batubara” menggolongkan pasir kuarsa sebagai golongan pertambangan mineral non-logam karena merupakan bahan galian industri yang tidak diambil logamnya melainkan untuk dimanfaatkan kandungan silikanya. Adanya pasir kuarsa dalam abu vulkan tersebut mendorong warga untuk mengeksploitasi pasir kuarsa di wilayah tersebut sehingga berdampak terhadap penurunan kualitas DAS Bangsri,

menurunkan tingkat keanekaragaman hayati dan meningkatkan luasan lahan terdegradasi.<sup>2</sup>

Adanya kegiatan penambangan pasir ini mengakibatkan degradasi keanekaragaman hayati, kesuburan tanah dan penurunan biomassa tanaman dan cadangan karbon. Penurunan kesuburan tanah umumnya ditandai dengan ketebalan tanah yang dangkal, padat, kandungan bahan organik rendah, reaksi tanah masam, dan aktivitas organisme tanah berkurang. Jenis tanaman yang ditanam dan kualitas seresah nampaknya merupakan faktor penting untuk mempertahankan aktivitas mikroba tanah di lahan-lahan bekas penambangan pasir, dari pada kualitas substrat (tanah) pada lahan bekas penambangan. Menurut Pamujiningtyas (2009), bahan organik berpengaruh secara langsung terhadap pertumbuhan mikroba tanah, karena merupakan sumber energi bagi mikroba tanah. Perbedaan jumlah dan jenis masukan organik, serta tekstur tanah akan sangat menentukan aktivitas mikroorganisme tanah yang ditandai dengan variasi biomassa mikroba dan respirasi tanah (Cadisch *et al* 1996). Šourková *et al.* (2005) melaporkan bahwa hasil metabolisme (rasio respirasi-ke-biomassa) lebih tinggi pada substrat tanah liat dibandingkan dengan tanah pasir, hal ini menunjukkan adanya efisiensi energi yang lebih tinggi dari transformasi mikroba di tanah pasir. Akan tetapi Garcia *et al.* (2008), melaporkan bahwa untuk mengevaluasi degradasi tanah sebaiknya menggunakan indikator yang lebih sensitif yaitu dengan mengukur aktivitas enzim dehidrogenase, namun analisa ini membutuhkan biaya yang agak mahal. Karbon biomassa mikroba merupakan fraksi labil dari bahan organik, sehingga sensitif terhadap dinamika perubahan karbon. Peningkatan karbon biomassa mikroba umumnya meningkat bila ada banyak masukan bahan organik dan kandungan C-organik tanah yang tinggi.

Penelitian terkait karbon biomassa mikroba masih jarang dilakukan pada daerah bekas penambangan pasir di Kecamatan Wajak, sehingga karbon biomassa mikroba ini perlu diamati untuk mengetahui kesuburan tanah pada lahan di Kecamatan Wajak.

### 1.2 Pertanyaan Penelitian

1. Sejauh mana penambangan pasir pada lahan Pertanian akan menurunkan kualitas tanah yang diukur dari karbon biomassa mikroba?

2. Dapatkah implementasi sistem agroforestri meningkatkan karbon biomassa mikroba di tanah bekas penambangan pasir?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengevaluasi dampak penambangan pasir terhadap karbon biomassa mikroba sebagai indikator kualitas tanah
2. Untuk mengevaluasi pengaruh sistem penggunaan lahan agroforestri dalam memperbaiki kualitas tanah (karbon biomassa mikroba) lahan bekas tambang pasir

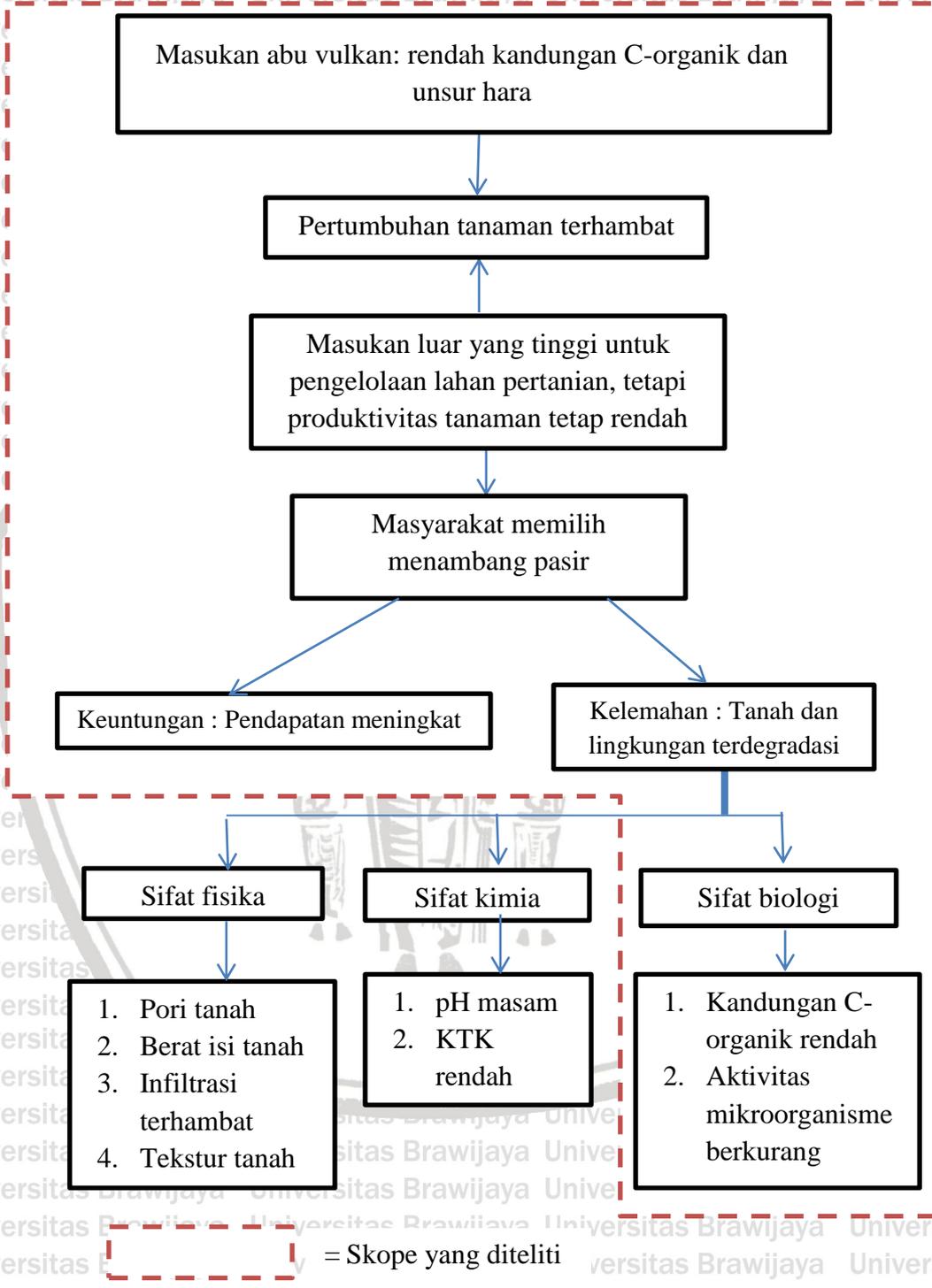
### 1.4 Hipotesis

1. Penambangan pasir di lahan Pertanian menurunkan karbon biomassa mikroba tanah
2. Implementasi sistem agroforestri ke dalam lahan-lahan bekas penambangan pasir dapat meningkatkan karbon biomassa mikroba tanah

### 1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pelajaran bagi masyarakat bahwa penambangan pasir di lahan Pertanian sangat merugikan kesuburan tanah dan lingkungan di sekitarnya. Upaya pemulihannya sangat sulit dan membutuhkan waktu yang panjang, dengan demikian hasil ini diharapkan menjadi pelajaran berharga bagi masyarakat untuk lebih memperdulikan kesehatan lahannya.

1.6 Alur Pikir



Gambar 1. Alur logika teori yang dipakai sebagai dasar penelitian



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dampak Penambangan Pasir

Penambangan pasir merupakan kegiatan pengambilan bahan tambang yang bernilai ekonomis dari kulit bumi, pada penambangan pasir material/bahan galian yang di ambil bukan termasuk bahan galian strategis ataupun bahan galian vital, sehingga penambangan pasir termasuk bahan galian C. Namun demikian penambangan pasir ini juga memiliki dampak terhadap kerusakan lingkungan khususnya degradasi lahan. Pasir sebagai sumberdaya alam dalam pengambilannya perlu diperhatikan sehingga tidak mengganggu ekosistem yang akibatnya dapat merugikan bagi kepentingan manusia. Menurut Suhartini (2006), Tingginya pengambilan sumberdaya alam di sektor pertambangan dapat mempercepat kerusakan lahan dalam waktu yang relatif singkat. Hal ini akan mengakibatkan merosotnya kualitas lingkungan. Walaupun areal bekas tambang dapat dimanfaatkan untuk kegiatan ekonomi lainnya namun tetap akan merubah keseimbangan tata lahan lingkungan. Dampak-dampak seperti tanah longsor juga dapat terjadi, jika kegiatan penambangan dilakukan secara berlebihan tanpa memperhatikan kondisi lingkungan.

Menurut penelitian yang dilakukan Suherman *et al.* (2015), penambangan pasir di Kecamatan Sukaratu berdampak negatif pada kondisi lahan dan air. Laju erosi pada lokasi penambangan pasir berkisar antara 163,49-1.194,16 ton/ha/tahun dengan Tingkat Bahaya Erosi (TBE) tergolong sangat berat. Nilai *Total Suspended Solid* (TSS) Sungai Cibanjuran dan Cikunir berkisar antara 26-186 mg/liter, yang masih dibawah baku mutu, akan tetapi berpengaruh kurang baik untuk perikanan.

### 2.2 Bahan Organik, C-Organik, dan Mikroorganisme Tanah

Bahan organik memiliki peran penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk mendukung tanaman. Tinggi rendahnya bahan organik juga mempengaruhi jumlah dan aktivitas metabolik organisme tanah, sehingga meningkatnya kegiatan organisme tanah tersebut akan mempercepat dekomposisi bahan organik (Nurmegawati *et al.* 2014). Bahan organik mempunyai peranan yang penting di dalam tanah, yaitu terhadap sifat-sifat tanah (Reeves, 1997). Hal ini sesuai dengan pernyataan Madjid (2007) bahwa bahan organik berperan

6  
penting dalam tanah yakni berpengaruh terhadap pasokan hara tanah, bahan organik juga berpengaruh penting bagi sifat fisik, biologi, dan kimia tanah. Bahan organik merupakan bahan-bahan yang dapat diperbaharui, didaur ulang, dirombak oleh mikroorganisme tanah menjadi unsur yang dapat digunakan oleh tanaman tanpa mencemari tanah dan air (Utami, 2004). Menurut Hanafiah (2005), bahan organik tanah merupakan kumpulan beragam senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi, baik berupa humus hasil humifikasi maupun senyawa-senyawa anorganik hasil mineralisasi, termasuk mikroorganisme heterotrof dan autotrofik yang terlibat.

C-organik tanah menggambarkan kadar bahan organik secara keseluruhan yang ada dalam tanah, umumnya kurang sensitive terhadap pengelolaan lahan. Menurut penelitian yang dilakukan Nurida *et al.* (2007), menunjukkan bahwa pada cara pemberian disebar, kadar C-organik tidak dipengaruhi oleh kualitas bahan organik. Biomassa mikroba merupakan fraksi labil bahan organik yang menggambarkan sumber hara tanaman karena komposisi kimia bahan asalnya dan tingkat dekomposisi yang cepat dan termasuk bahan organik aktif yang sangat menonjol pada kandungan karbon bahan organik.

### **2.3 Peranan Mikroorganisme Tanah pada Kesuburan Tanah**

Mikroorganisme tanah merupakan faktor penting dalam ekosistem tanah karena berpengaruh terhadap siklus dan ketersediaan hara tanaman. Semakin tinggi populasi mikroorganisme tanah, maka semakin tinggi pula aktivitas biokimia dalam tanah dan indeks kualitas tanah. Menurut Karlen *et al.* (2006), mikroorganisme tanah dipandang sangat penting dalam pertanian. Hal tersebut dikarenakan mikroorganisme diposisikan sebagai produsen hara yang menjadi salah satu indikator dalam menentukan indeks kualitas tanah. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Guillaume *et al.* (2016), bahwa aktivitas mikroorganisme tanah merupakan indikator utama kesehatan dan kesuburan tanah karena mikroorganisme tanah dapat membantu mengendalikan siklus hara terutama C-organik.

Mikroorganisme tanah ini juga memegang peranan penting dalam memelihara kesuburan tanah dan dalam siklus karbon, nitrogen, fosfor, dan sulfur. Menurut Saraswati *et al.* (2004), mikroorganisme digolongkan menjadi 4 fungsi

yaitu (1) meningkatkan ketersediaan unsur hara tanaman dalam tanah, (2) sebagai perombak bahan organik dalam tanah dan mineralisasi unsur organik, (3) bakteri rizosfer-endofitik untuk memacu pertumbuhan tanaman dengan membentuk enzim dan melindungi akar dari mikroba patogenik, (4) sebagai agen hayati pengendali hama dan penyakit tanaman.

#### 2.4 Faktor yang Mempengaruhi Biomassa Mikroorganisme

Tingginya populasi mikroorganisme dan beragamnya mikroorganisme tanah dapat ditemukan pada tanah-tanah yang memiliki sifat untuk mendukung kehidupan mikroorganisme tanah tersebut, sehingga secara umum tanah tersebut dapat dikatakan merupakan tanah yang baik sifat fisik dan kimianya. Menurut Iswandi *et al.* (1995), tersedianya unsur hara yang cukup, pH tanah yang sesuai, aerasi dan drainase yang baik, air yang cukup, dan sumber energi (bahan organik) yang cukup adalah beberapa faktor yang harus dipenuhi agar mikroorganisme tanah dapat tumbuh dan berkembang. Selain itu faktor-faktor yang mempengaruhi kuantitas dan kualitas bahan organik tanah seperti iklim, tanaman, dan rotasi tanaman, penggunaan pupuk, pengelolaan limbah tanaman serta pengelolaan tanah juga ikut mempengaruhi pembentukan biomassa mikroorganisme (Susilawati *et al.* 2013).

Penelitian Yang *et al* (2015), menunjukkan bahwa *zero tillage* dan *minimum tillage* pada lahan dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme tanah, secara signifikan dapat meningkatkan biomassa mikroorganisme tanah dan jumlah mikroorganisme tanah. Efek dari mesin pada pengelolaan lahan *minimum tillage* dan *zero tillage* sangat kecil terhadap kerusakan tanah, sehingga dapat melindungi lingkungan hidup mikroorganisme tanah dan mendukung pertumbuhan mikroorganisme tanah tersebut.

#### 2.5 Karbon Biomassa Mikroba

Karbon biomassa mikroba tanah merupakan total karbon dari mikroorganisme tanah yang sangat mempengaruhi kualitas tanah. Tanah subur memiliki nilai karbon biomassa mikroba yang tinggi karena dapat menjadi media tumbuh yang ideal bagi berbagai mikroorganisme tanah (Susilawati *et al.* 2013). Karbon biomassa mikroba (MBC) merupakan salah satu indikator kualitas tanah karena MBC sangat sensitif terhadap perubahan. Menurut penelitian yang

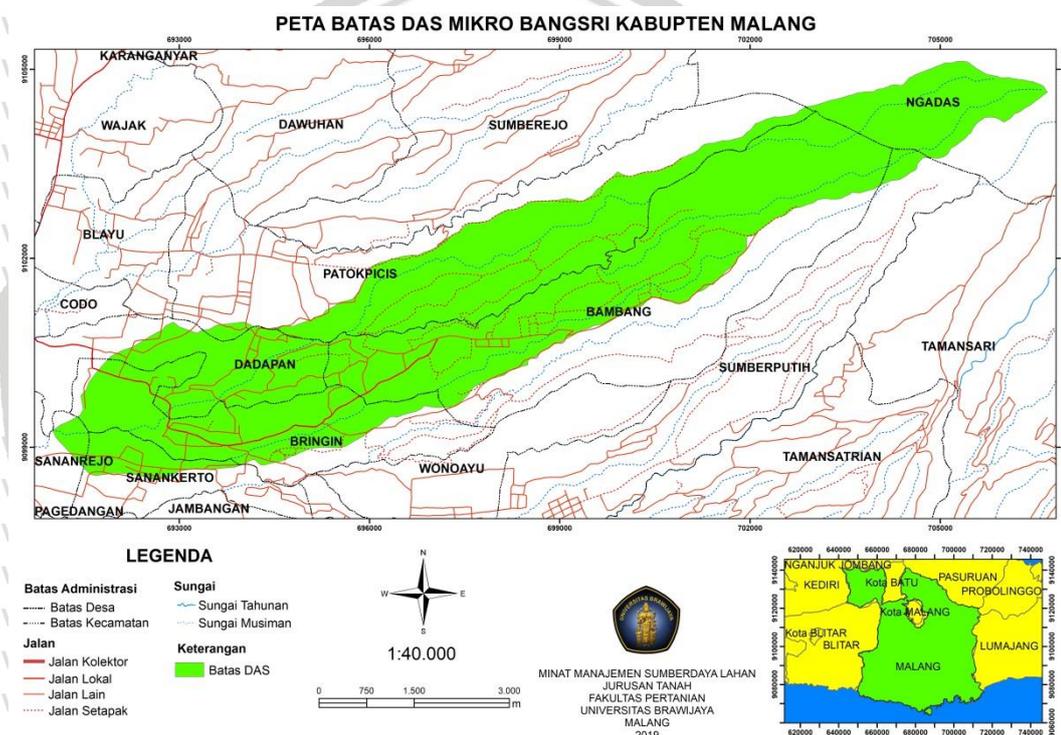
dilakukan Susilawati *et al.* (2013), pada fisiografi lahan yang rendah memiliki nilai karbon biomassa mikroba yang lebih tinggi (wisata: 748,03  $\mu\text{g C/g}$ , pemukiman: 480,18  $\mu\text{g C/g}$ ) dibandingkan dengan fisiografi lahan yang tinggi (lahan kentang atas: 305,14  $\mu\text{g C/g}$ , lahan kentang kaki bukit: 759,12  $\mu\text{g C/g}$ ), namun pada hutan lindung memiliki nilai karbon biomassa mikroba yang paling tinggi (869,45  $\mu\text{g C/g}$ ) meskipun berada pada fisiografi lahan tinggi karena memiliki kondisi terjaga dengan banyak seresah dan vegetasi yang menahan limpasan air.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei hingga Oktober 2018. Pengambilan contoh tanah dilakukan di 4 desa yaitu Desa Bambang, Dadapan, Bringin, dan Patokpici di Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang, Provinsi Jawa Timur (Gambar 2). Analisis laboratorium dilakukan di Laboratorium Kimia Tanah, Fisika Tanah dan Biologi Tanah, Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.



Gambar 2. Peta Administasi Lokasi Penelitian (Sumber: Lab. Sistem informasi geografis, Universitas Brawijaya)

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada kegiatan penelitian dibedakan berdasarkan pada saat kegiatan lapangan dan analisis laboratorium. Alat yang digunakan saat kegiatan lapangan untuk pengambilan contoh tanah meliputi kantong plastik, blok contoh, alat tulis, cangkul, dan cetok. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis laboratorium meliputi desikator, fial film, botol fial, shaker, pH meter, gelas ukur, erlenmeyer, botol semprot, statis dan buret, pengaduk magnetis, pengaduk kayu, timbangan, oven, kertas saring whatman nomer 42, dan cawan. Kemudian untuk bahan yang digunakan meliputi contoh

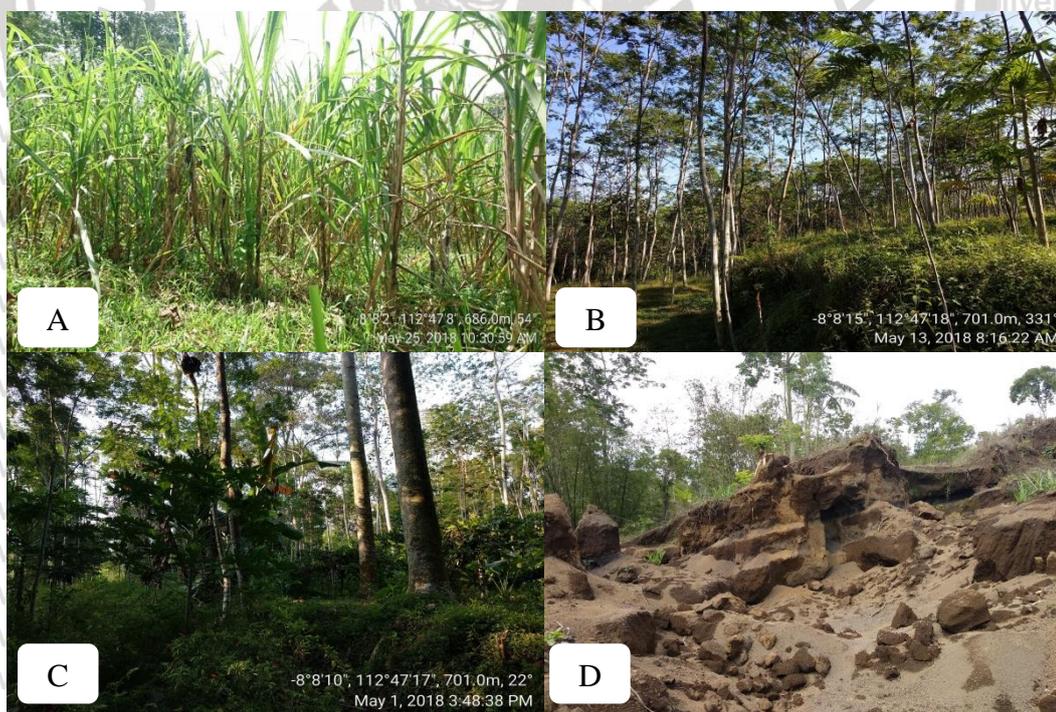
10  
 tanah utuh dan komposit pada masing-masing plot penelitian, kloroform, aquades,  
 0,5 M  $K_2SO_4$ ,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$ , difenilamina,  $FeSO_4$ ,  $H_3PO_4$ , 30%  $H_2O_2$ , kalgon 5%,  
 dan HCl.

### 3.3 Rancangan Percobaan

Pengambilan contoh dilakukan berdasarkan survei pada berbagai sistem penggunaan lahan yang ada di wilayah penambangan pasir di Sub-DAS Bangsri, ada dua Sumber Keragaman (SK).

**SK 1.** Aktivitas penambangan, terdiri dari (a) lahan yang sudah pernah ditambang (ST), (b) lahan yang belum pernah ditambang sebelumnya (BT), dan (c) lahan masih “sedang” ditambang (MT) dengan rata-rata masa tambang 2-6 tahun.

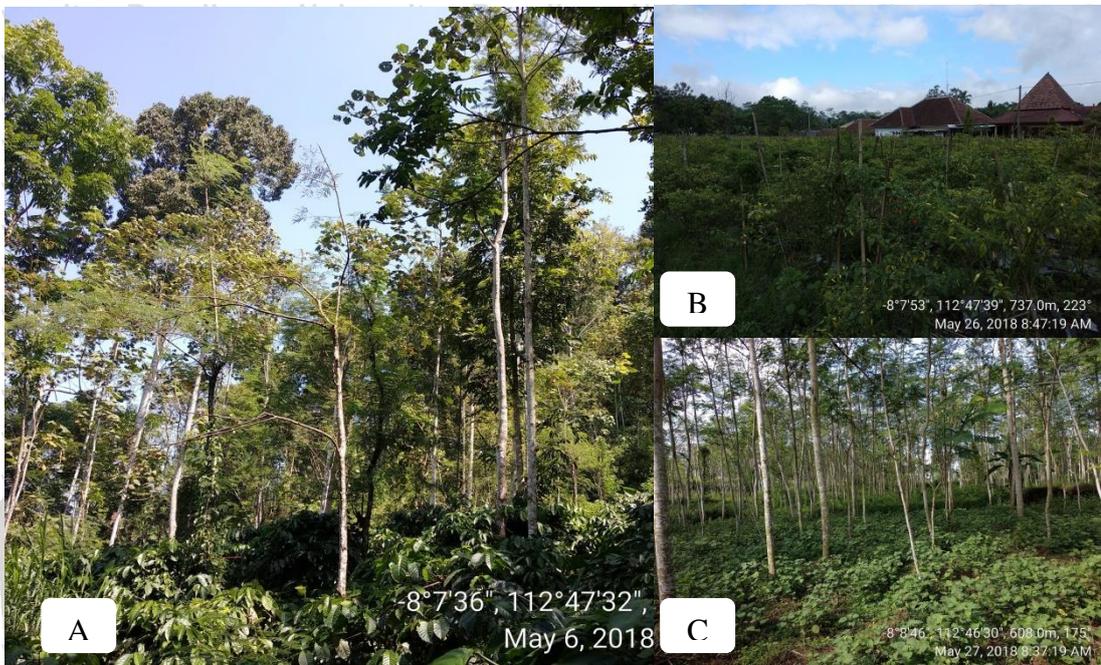
**SK 2.** Sistem penggunaan lahan (SPL) terdiri dari (a) sistem agroforestri multistrata (AFM) merupakan lahan kombinasi pepohonan dan tanaman pertanian dengan 6-10 jenis pohon, (b) sistem agroforestri sederhana (AFS) merupakan lahan kombinasi pepohonan dan tanaman pertanian dengan 2-5 jenis pohon, dan (c) sistem tanaman semusim (TS).



Gambar 3. Plot Pengamatan (a) ST TS, (b) ST AFS, (c) ST AFM, (d) MT

Namun demikian saat penelitian dilakukan, tambang pasir di lokasi penelitian tergolong pada lahan yang masih “sedang” berlangsung penambangan pasir (MT), maka lahan tersebut masih belum terdapat tanaman (NonVeg)

11  
 sehingga tidak terdapat pengamatan kombinasi. Data yang diperoleh dari pengamatan SK 1 dapat digunakan untuk membuktikan hipotesis 1, sedangkan SK 2 digunakan untuk membuktikan hipotesis 2. Kombinasi pengamatan ditampilkan dalam Tabel 1.



Gambar 4. Plot pengamatan (a) BT AFM, (b) BT TS, (c) BT AFS

Tabel 1. Kombinasi pengamatan 2 faktor perlakuan

Sumber Keragaman	Agroforestri Sederhana (AFS)	Agroforestri Multistrata (AFM)	Tanaman Semusim (TS)
Sudah ditambang (ST)	ST AFS	ST AFM	ST TS
Belum ditambang (BT)	BT AFS	BT AFM	BT TS
Masih ditambang (MT)	-	-	-

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Karakterisasi lahan

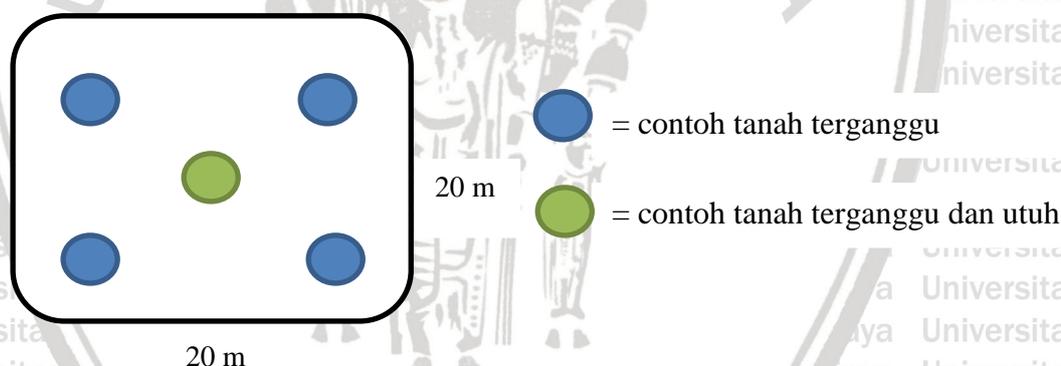
Pengukuran jumlah dan diameter pohon serta luas bidang dasar (LBD) dilakukan pada plot pengamatan berukuran 400 m<sup>2</sup> yaitu dengan mengidentifikasi jenis pohon yang ada pada plot pengamatan. Semua pohon juga dilakukan pengukuran keliling pohon untuk nantinya digunakan untuk mengetahui diameter pohon dan juga luas bidang dasarnya. Pengukuran keliling pohon diambil pada ketinggian 1,3 m pada batang pohon dari permukaan tanah. Namun, tidak semua

plot dilakukan pengukuran ini, yaitu hanya pada lahan agroforestri multistrata (AFM) dan agroforestri sederhana (AFS).

### 3.4.2 Pengambilan contoh tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada setiap plot pengamatan berukuran 400 m<sup>2</sup>. Setiap plot pengamatan ditentukan 5 titik pengambilan contoh (Gambar 5). Ada 2 macam contoh tanah yang dibutuhkan yaitu, (a) contoh tanah terganggu untuk analisis total C-organik, pH tanah, tekstur tanah, dan karbon biomassa mikroba, (b) contoh tanah utuh digunakan untuk penetapan BI tanah.

Pengambilan contoh tanah diambil pada kedalaman tanah 0-30 cm, dengan mengikuti skema dalam Gambar 3. Untuk contoh tanah komposit yang diperoleh dicampur rata dari 5 titik. Contoh tanah kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik dan dibawa ke laboratorium untuk analisa lebih lanjut. Pengambilan contoh tanah utuh dilakukan pada kedalaman 0-10 cm, 10-20 cm, dan 20-30 cm, menggunakan box besi, dan hanya dilakukan pada satu titik ditengah plot (Gambar 5).



Gambar 5. Denah Titik Pengambilan Contoh

### 3.4.3 Analisis Tanah di Laboratorium

Analisis total C-organik, pH tanah, tekstur tanah, dan BI tanah dilakukan mengikuti prosedur analisa yang digunakan di Laboratorium Tanah (Lampiran 1).

### 3.4.4 Analisis Biomassa Mikroba

Analisis karbon biomassa mikroba dilakukan menggunakan metode Fumigasi-Ekstraksi (Vance *et al*,1987), dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Menimbang contoh (komposit) tanah segar masing-masing 10 g untuk perlakuan fumigasi dan tanpa fumigasi. Tanah masing-masing contoh dimasukkan ke dalam fial film
- Semua contoh yang akan dilakukan fumigasi diletakkan di dalam desikator dengan 1 *beaker glass* berisi 40 ml kloroform.
- Desikator diinkubasi selama 36 jam di tempat gelap. Selanjutnya, semua contoh tanah (baik yang difumigasi maupun tanpa fumigasi) dipindahkan ke dalam botol fial dan dilanjutkan dengan ekstraksi menggunakan 0,5 M  $K_2SO_4$  sebanyak 50 ml.
- Selanjutnya larutan dikocok selama 30 menit dengan kecepatan 200 rpm menggunakan shaker, kemudian disaring menggunakan kertas whatman nomor 42. Larutan yang lolos saringan, dianalisis kadar C-organiknya menggunakan metode Walkley and Black (1934).

#### 3.4.5 Perhitungan karbon biomassa mikroba

Estimasi karbon biomassa mikroba dihitung menggunakan rumus (Vance *et al*, 1987) sebagai berikut:

$$(1) EC(F, NF) = C - \text{org} (F, NF) \times \left( \frac{VTES}{BST} \right)$$

$$(2) MBC = \frac{(EC F - EC NF)}{0,35}$$

Keterangan:

MBC = Mikrobial biomasa C

ECF = Ekstrak C dalam contoh fumigasi

ECNF = Ekstrak C dalam contoh nonfumigasi

C-Org(F,NF) = Konsentrasi C organik pada contoh fumigasi, non-fumigasi

VTES = Volume Total Ekstrak Contoh

BST = Berat Contoh Tanah

0,35 = Konversi estimasi C ke C-mikroba

#### 3.5 Analisis Data

Data kuantitatif yang diperoleh, seperti Berat Isi, BI/BI-ref, pH, C-organik, C-org/C-ref, dan Karbon biomassa mikroba diolah menggunakan sidik ragam (ANOVA) dengan model *unbalanced design* menggunakan program Genstat 18<sup>th</sup> Edition dan apabila dari hasil sidik ragam diperoleh pengaruh yang nyata ( $p < 0.05$ ),

maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Guna mengetahui hubungan pada parameter yang relevan yaitu: karbon biomassa mikroba dengan C-organik dan berat isi tanah dengan C-organik di lakukan uji korelasi-regresi.



## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

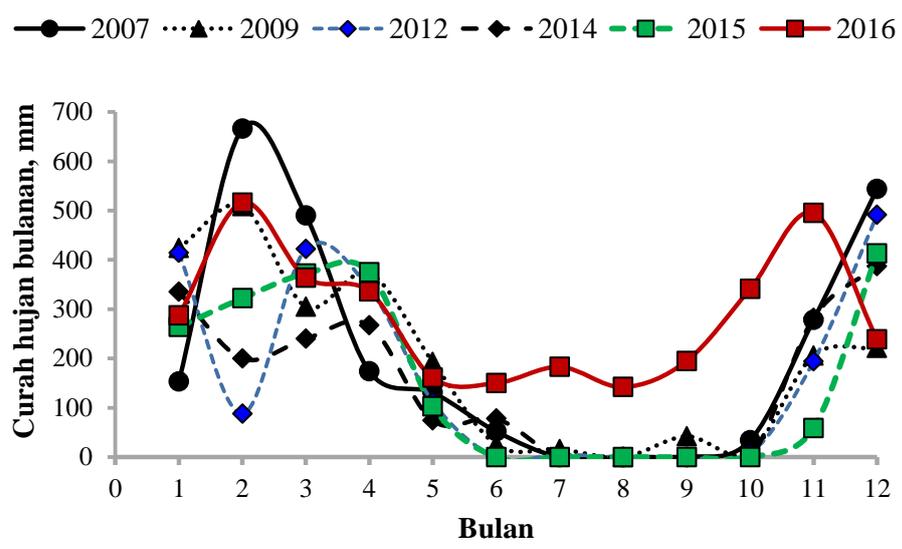
### 4.1 Hasil

#### 4.1.1 Karakteristik Lokasi Penelitian

##### a. Iklim

Iklim di DAS mikro Bangsri didekati menggunakan data pengamatan iklim di Kecamatan Wajak (DAS Lesti) selama 10 tahun terakhir (DJPT, 2006-2016). Berdasarkan data curah hujan bulanan tahun 2006-2016 (10 tahun pengamatan) di DAS Lesti ditampilkan dalam Gambar 6, dimana di wilayah tersebut rata-rata terdapat 5 bulan kering dan 7 bulan basah maka termasuk dalam kelas 'sedang' (klasifikasi Schmidt-Ferguson). Namun demikian, jumlah bulan kering semakin berkurang bahkan pada tahun 2016 tidak terdapat bulan kering. Pada tahun 2007 di bulan Februari terjadi curah hujan ekstrem basah rata-rata 666 mm/bulan, dan 3 bulan terjadi sangat kering. Selanjutnya pada tahun 2016 terdapat bulan basah sepanjang tahun, dengan curah hujan pada bulan Juni-September rata-rata >140 mm/bulan, sedangkan curah hujan pada bulan Oktober-Mei rata-rata 342 mm/bulan.

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada bulan Mei, yang rata-rata termasuk dalam bulan basah. Ketersediaan air dalam tanah selain menunjang pertumbuhan tanaman, juga sangat penting untuk aktivitas mikroorganisme tanah. Menurut Iswandi *et al.* (1995), air yang cukup merupakan salah satu faktor mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang. Kekurangan maupun kelebihan air dalam tanah akan mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tanah.



Gambar 6. Rata-rata Curah Hujan Bulanan pada Tahun 2007, 2009, 2012 2014 dan 2016 di DAS Lesti (Sumber data: DJPT tahun 2006-2016)

**b. Populasi, Diameter Pohon (DBH), dan Luas Bidang Dasar (LBD)**

Luas Bidang Dasar (LBD) adalah luasan tanah yang diduduki oleh tegakan pohon. Pada plot ST AFM (agroforestri multistrata setelah ditambang) diperoleh nilai rata-rata LBD terbesar  $16,8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$  dan LBD terendah terdapat pada plot BT-AFS (agroforestri sederhana sebelum ditambang) yaitu  $8,79 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ .

Pada plot pengamatan, jenis pohon yang mendominasi adalah sengon, namun dengan komposisi pohon penyusun yang berbeda pada setiap plotnya. Di lahan AFM terdapat 6-10 jenis pohon, sedangkan di lahan AFS terdapat 2-4 jenis pohon.

Tabel 2. Luas bidang dasar pada plot pengamatan

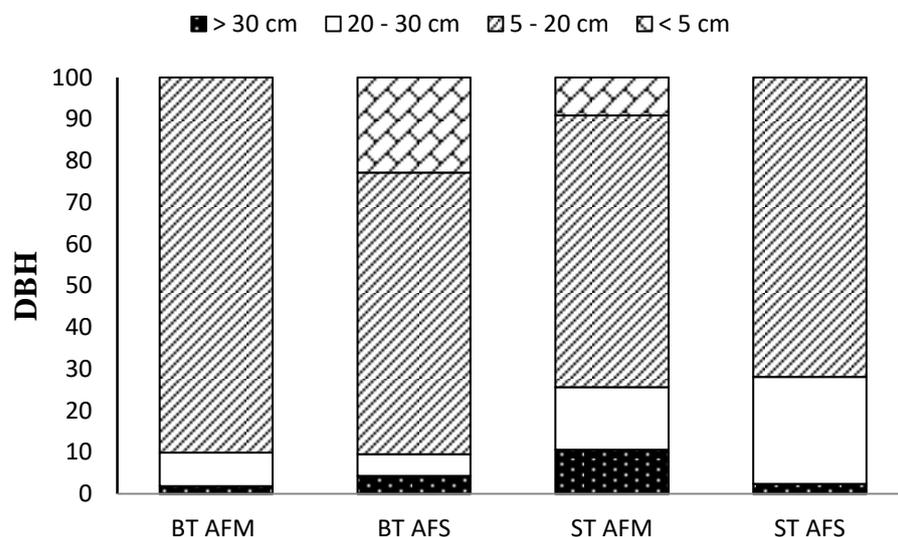
Plot	LBD ( $\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$ )	Rerata DBH (cm)	Jumlah pohon/ha
BT AFM	14,17	16,99	550
BT AFS	8,79	12,46	792
ST AFM	16,80	16,94	750
ST AFS	9,05	16,50	350

Keterangan: BT (lahan belum di tambang), ST (lahan sudah di tambang), AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana)

Sebaran DBH pada semua plot agroforestri yang diamati didominasi oleh pohon berukuran diameter 5-20 cm (Gambar 7), dengan persentase pada plot BT AFM sebesar 90%. Pada plot ST AFM



terdapat 65% pohon berdiameter 5–20 cm. Pada plot BT AFS sebesar 67,7% juga di dominasi oleh pohon berukuran diameter 5–20 cm dan pada plot ST AFS, persentase pada pohon berdiameter 5–20 cm sebesar 71,9%.



Gambar 7. Sebaran diameter pohon (DBH) pada plot pengamatan  
 Keterangan: BT (lahan belum di tambang), ST (lahan sudah di tambang), AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana)

**c. Karakteristik Tanah**

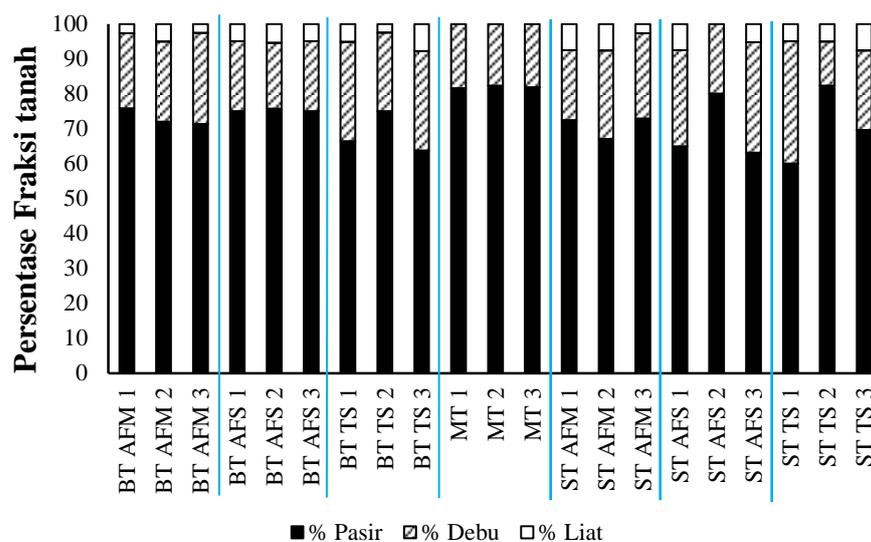
**Tekstur Tanah**

Berdasarkan data analisis tekstur tanah di tempat pengamatan lebih dominan pasir, rata-rata sebesar 75% bagian merupakan fraksi pasir, sedangkan fraksi debu rata-rata sebesar 20% dan fraksi liat sangat rendah yaitu rata-rata sebesar 5%. Terdapat 2 jenis tekstur tanah di lokasi percobaan yaitu pasir berlempung pada plot BT AFM 1; BT AFS 1,2,3; BT TS 2; MT 1,2,3; ST AFS 2; dan ST TS 2, sedangkan tekstur lempung berpasir pada plot BT AFM 2,3; BT TS 1,3; ST AFM 1,2,3; ST AFS 1,3; ST TS 1 dan 3. Fraksi pasir menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki pori makro dan partikel yang besar, maka semakin

besar partikel tanahnya sehingga pengikatan fraksi tanah terhadap bahan organik akan rendah. Menurut Agus *et al.* (2006a), kapasitas jerapan hara pada tanah lempung lebih baik daripada tanah berpasir.

Rendahnya bahan organik yang dapat tersedia akan mempengaruhi aktifitas mikroba pada lahan tersebut.





Gambar 8. Persentase fraksi tekstur tanah di kedalaman 30 cm pada masing-masing lahan pengamatan

Keterangan: BT (lahan belum di tambang), ST (lahan sudah di tambang), MT (lahan masih “sedang” di tambang), AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana), TS (lahan tanaman semusim)

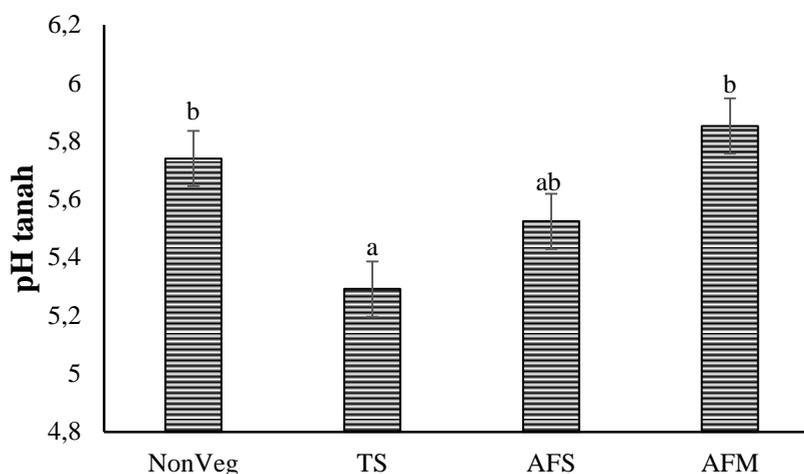
### Berat Isi (BI) Tanah

Hasil dari sidik ragam terhadap data BI tanah pada kedalaman 30 cm, menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata ( $p > 0,05$ ) antar sistem penggunaan lahan maupun pada aktivitas penambangan (Lampiran 3). Rata-rata BI tanah yang ada di lokasi percobaan adalah  $1,14 \text{ g cm}^{-3}$ , yang tergolong klasifikasi sedang. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Hardjowigeno (2010), bahwa pada umumnya berat isi tanah berkisar antara  $1,1-1,6 \text{ g cm}^{-3}$ . Baik pada lahan yang belum dilakukan penambangan pasir dan yang sudah pernah dilakukan penambangan pasir, perbandingan berat isi tertinggi terdapat pada lahan agroforestri sederhana (AFS), dimana masih memungkinkan adanya pengolahan lahan pada sistem tersebut, berbeda dengan lahan agroforestri multistrata (AFM) yang pengelolahan lebih minim dari agroforestri sederhana, sehingga memperkecil kemungkinan adanya pemadatan tanah dari aktivitas manusia.

### pH Tanah

Dari sidik ragam pengamatan pengaruh aktivitas penambangan pasir terhadap pH tanah menunjukkan pengaruh tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ). Namun adanya penggunaan lahan (SK 2) yang berbeda,

diikuti oleh nilai pH tanah yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ). Hasil Anova data ditampilkan di Lampiran 3 dan nilai pH tanah di lokasi percobaan ditampilkan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Rata-rata pH tanah kedalaman 30 cm di lahan pengamatan (s.e.d : 0,19)

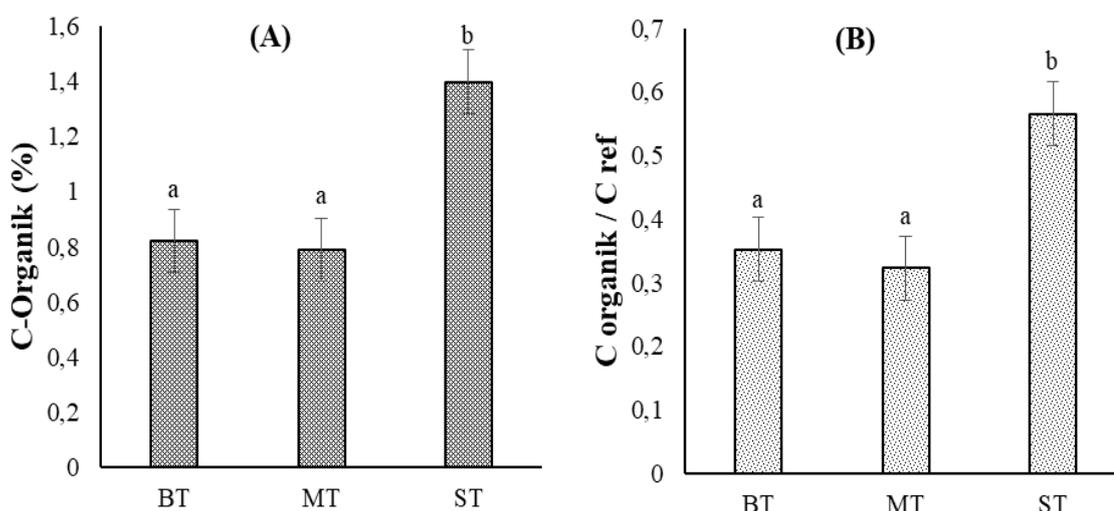
Keterangan: NonVeg (proses penambangan pasir sedang berlangsung, lahan kosong tidak ada vegetasi), AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana), TS (lahan tanaman semusim)

Berdasarkan pada data diatas, lahan tanaman semusim (TS) cenderung lebih masam daripada lahan agroforestri sederhana (AFS), agroforestri multistrata (AFM) maupun pada lahan yang sedang dilakukan penambangan pasir, nilai pH pada lahan pengamatan berkisar antara 5,3-5,9. Sehingga dapat dikatakan pH pada lahan pengamatan tergolong agak masam. Menurut Cahyaningtyas dan Sumantri (2012), derajat keasamaan (pH) berperan penting dalam ketersediaan nutrisi untuk mikroba tanah. Sebagian besar mikroba tumbuh optimum pada kisaran pH 6-8. Tanah yang cenderung masam akan mengganggu aktivitas mikroorganisme, sehingga lahan pengamatan memiliki pH yang kurang sesuai untuk pertumbuhan mikroba tanah.

#### Total C-Organik tanah

Salah satu indikator dari kualitas tanah adalah kadar C-organik tanah yang tinggi karena C-organik berperan penting untuk mempertahankan kondisi fisik, kimia dan biologi tanah. Hasil sidik ragam terhadap data total C-organik tanah menunjukkan bahwa tidak

ada perbedaan yang nyata ( $p > 0.05$ ) total C-organik tanah antar penggunaan lahan yang diamati (Lampiran 3), rata-rata total C-organik tanah di kedalaman 30 cm adalah 1,03%. Namun demikian, adanya aktivitas penambangan (SK 1) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ( $p < 0,05$ ) terhadap kadar C-organik.



Gambar 10. (A) C-organik (s.e.d : 0,23) dan (B) C<sub>org</sub>/C<sub>ref</sub> (s.e.d : 0,1) pada kedalaman 30 cm di lokasi pengamatan

Keterangan: BT (lahan belum di tambang), ST (lahan sudah di tambang), MT (lahan masih “sedang” di tambang)

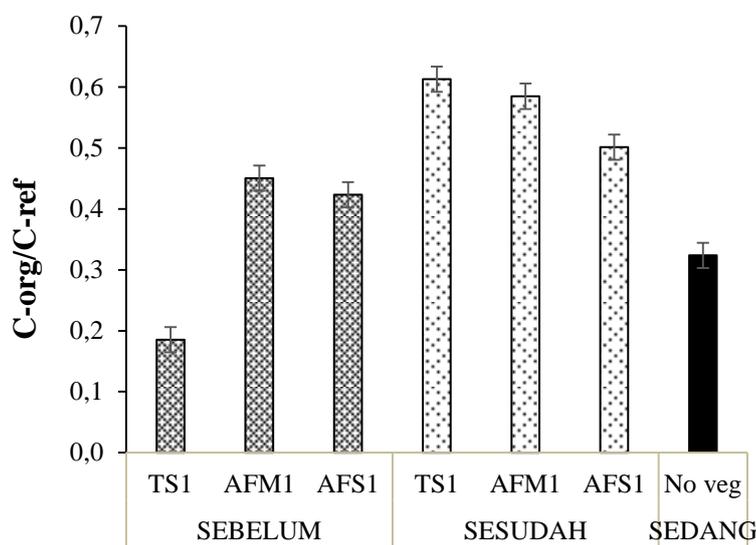
Kadar C-organik tanah di lahan yang belum ditambang (BT) lebih tinggi daripada kadar C-organik pada lahan yang masih dilakukan penambangan pasir (MT), yaitu rata-rata 0,82% dibanding 0,78% (Gambar 10A). Pada lahan yang sudah pernah dilakukan penambangan (ST) kadar C-organik tanah rata-rata meningkat menjadi 1,39%. Hal tersebut menggambarkan bahwa pada lahan yang dilakukan penambangan pasir mengalami penurunan kadar C-organik, namun meningkat kembali pada lahan yang sudah pernah dilakukan penambangan pasir. Hal ini dapat terjadi karena pengelolaan tanah yang dilakukan penduduk setempat untuk mempersiapkan lahan dengan cara memberikan banyak pupuk pada lahan bekas penambangan pasir. Persiapan lahan dilakukan dengan penambahan pupuk sebelum masa tanam rata-rata sebanyak 12 ton/ha. Kandungan C-organik mengalami peningkatan setelah adanya perlakuan penambahan pupuk sebelum

21  
masa tanam, namun hasil kadar C-organik yang paling tinggi dari sistem penggunaan lahan yang diamati terdapat pada lahan agroforestri multistrata (AFM), sehingga menunjukkan sistem penggunaan lahan yang paling baik dilakukan yaitu sistem agroforestri multistrata (AFM). Namun kadar C-organik pada semua lahan pengamatan tergolong sangat rendah yang menunjukkan bahwa lahan pertanian yang ada di lokasi penelitian ini sudah tergolong tanah terdegradasi. Menurut Hairiah *et al.* (2000), umumnya tanah pertanian yang subur memiliki kadar C-organik  $> 2,0 \%$ .

Penggunaan parameter total C-organik tanah untuk mengevaluasi kualitas tanah, nampaknya masih belum memuaskan, karena tekstur tanah antar plot yang diamati berbeda, sedangkan kadar C-organik tanah sangat beragam bergantung kepada: topografi (tekstur tanah, bahan induk, iklim, organisme tanah), manajemen lahan (masukan bahan organik dari luar yang bergantung kepada jenis dan kerapatan serta umur tanaman yang ditanam; pemupukan, pengairan, pengolahan tanah), dan faktor internal (karakteristik kimia bahan organik yang masuk kedalam tanah). Guna mengevaluasi kualitas tanah dari ekosistem yang ada, dilakukan penghitungan C terkoreksi ( $C_{org}/C_{ref}$ ) yaitu kadar C-organik tanah yang dikoreksi dengan tekstur tanah (kandungan liat dan debu), pH tanah, kedalaman tanah dan ketinggian tempat (Van Noordwijk *et al.* 1997), dengan rumus perhitungan seperti tertera pada lampiran 1e.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa nilai  $C_{org}/C_{ref}$  tidak berbeda nyata ( $p>0,05$ ) antar penggunaan lahan yang diamati (lampiran 3). Namun pada aktivitas penambangan (SK 1) menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata ( $p<0,05$ ). Hal ini menunjukkan trend yang sama dengan hasil analisis kadar C-organik tanah pada lokasi percobaan (Gambar 10B). Ketika nilai  $C_{org}/C_{ref}$  mendekati 1,0 maka kesuburan tanah dari lahan tersebut mendekati kesuburan tanah hutan alami yang tergolong baik, sebaliknya jika nilainya kurang dari 1,0 menunjukkan bahwa tanah lahan tersebut telah mengalami degradasi. Pada Gambar

11 ditampilkan  $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$  di berbagai penggunaan lahan yang dipilih di DAS mikro Bangsri. Nisbah  $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$  di lokasi percobaan sangat rendah, rata-rata hanya 0,44. Hal tersebut berarti bahwa tanah telah mengalami defisit C sebesar  $= (1 - 0,44) * 100\% = 56\%$ .

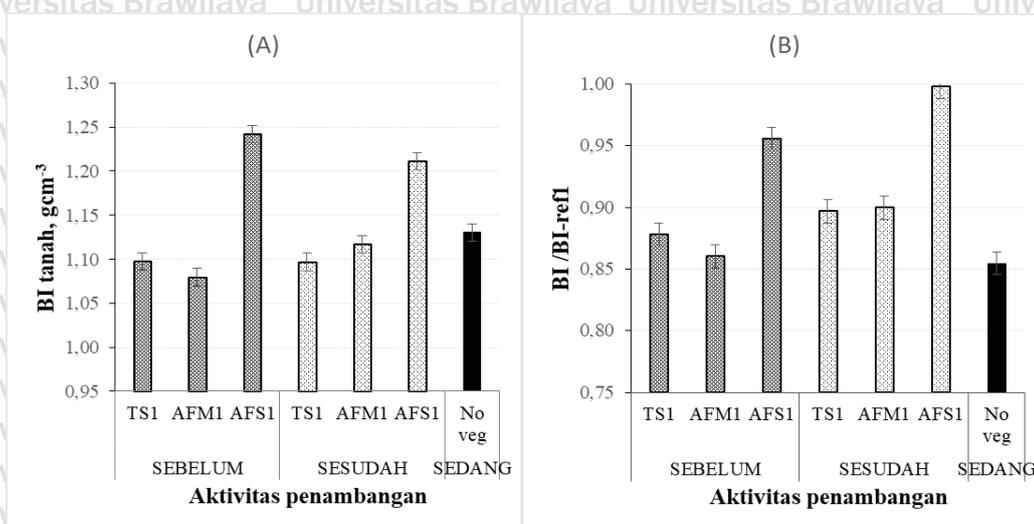


**Aktivitas penambangan**

Gambar 11.  $C_{\text{org}}/C_{\text{ref}}$  tanah di kedalaman tanah 30 cm pada lokasi pengamatan

Keterangan: AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana), TS (lahan tanaman semusim), No veg (proses penambangan pasir sedang berlangsung, lahan kosong tidak ada vegetasi)

Hasil penghitungan BI/BI-ref tanah tidak berbeda nyata ( $p > 0,05$ ) antar penggunaan lahan maupun pada aktivitas penambangan yang berbeda. Penghitungan BI/BI-ref tanah menggunakan persamaan pedotransfer (lampiran 1e), menunjukkan trend yang sama dengan yang telah dilakukan untuk data BI tanah (Gambar 12). Tanah di lahan AFS (Agroforestri sederhana) menunjukkan BI/BI-ref sebesar 0,97 terbesar dari pada di penggunaan lahan lainnya. Pada tanah dari lahan yang masih berlangsung penambangan pasir memiliki nilai BI tanah maupun BI/BI-ref yang rendah karena ada pengusikan partikel tanah masih berlangsung.

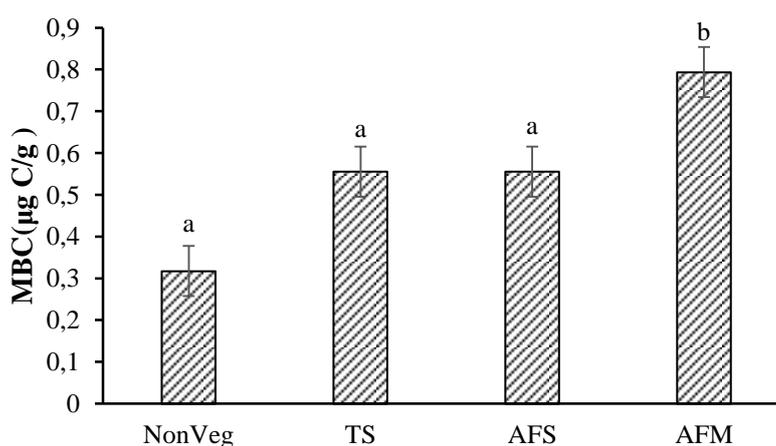


Gambar 12. (A) Berat Isi tanah dan (B) BI/BI-ref1 tanah di kedalaman tanah 30 cm pada saat lahan sebelum dan setelah penambangan pasir dibandingkan dengan kadar C-organik saat lahan sedang ditambang.

Keterangan: AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana), TS (lahan tanaman semusim), No veg (proses penambangan pasir sedang berlangsung, lahan kosong tidak ada vegetasi)

#### 4.1.2 Karbon Biomassa Mikroba

Dari sidik ragam pengamatan pengaruh penggunaan lahan (SK 2) terhadap karbon biomassa mikroba menunjukkan pengaruh berbeda nyata ( $p < 0,05$ ), sedangkan pengaruh aktivitas penambangan pasir terhadap karbon biomassa mikroba menunjukkan pengaruh cenderung beda nyata ( $p < 0,1$ ), dengan rata-rata nilai karbon biomassa mikroba pada lokasi percobaan yaitu 0,59. Hasil Anova data ditampilkan di Lampiran 3.

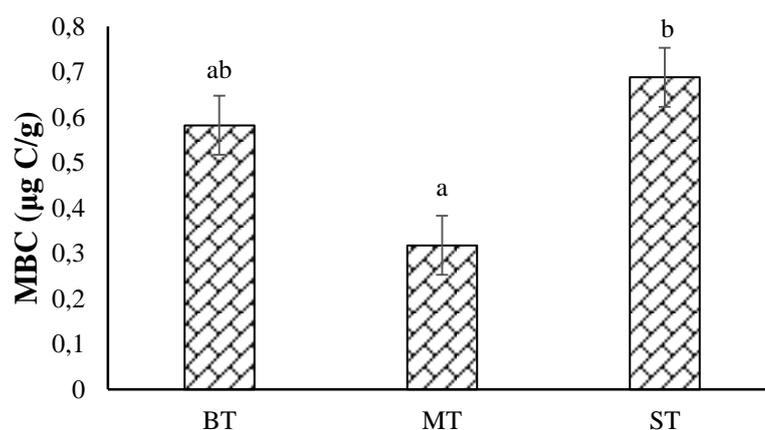


Gambar 13. Nilai karbon biomassa mikroba terhadap penggunaan lahan

Keterangan: NonVeg (proses penambangan pasir sedang berlangsung, lahan kosong tidak ada vegetasi), AFM (lahan agroforestri multistrata), AFS (lahan agroforestri sederhana), TS (lahan tanaman semusim)

Pada data diatas nilai karbon biomassa mikroba paling tinggi terdapat pada lahan agroforestri multistrata (AFM) yaitu sebesar  $0,79 \mu\text{g C/g}$  dan nilai karbon biomassa mikroba terendah terdapat pada lahan yang masih dilakukan proses penambangan pasir sehingga lahan kosong tidak terdapat tanaman (NonVeg) yaitu sebesar  $0,32 \mu\text{g C/g}$  (Gambar 13). Hal tersebut dikarenakan pada lahan agroforestri maupun pada lahan tanaman semusim masih terdapat masukan bahan organik baik dari tanaman yang ada pada lahan tersebut ataupun dari pengelolaan lahan dan juga umumnya kerapatan tajuk pada agroforestri multistrata (AFM) lebih rapat dari lahan agroforestri sederhana (AFS) maupun lahan tanaman semusim (TS) serta jenis bahan organik pada lahan agroforestri multistrata lebih beragam dibandingkan dengan lahan agroforestri sederhana maupun lahan tanaman semusim. Sehingga mempengaruhi kualitas seresah yang dimanfaatkan oleh mikroba tanah sebagai sumber energinya.

Pada berbagai aktivitas penambangan pasir, terjadi penurunan nilai karbon biomassa mikroba dari lahan yang belum dilakukan penambangan pasir (BT) pada lahan yang masih dilakukan penambangan pasir. Nilai karbon biomassa mikroba paling rendah terdapat pada lahan yang masih dilakukan penambangan pasir (MT) yaitu sebesar  $0,32 \mu\text{g C/g}$  (Gambar 14). Hal tersebut membuktikan bahwa aktivitas penambangan pasir menurunkan nilai karbon biomassa mikroba.



Gambar 14. Nilai karbon biomassa mikroba terhadap aktivitas penambangan

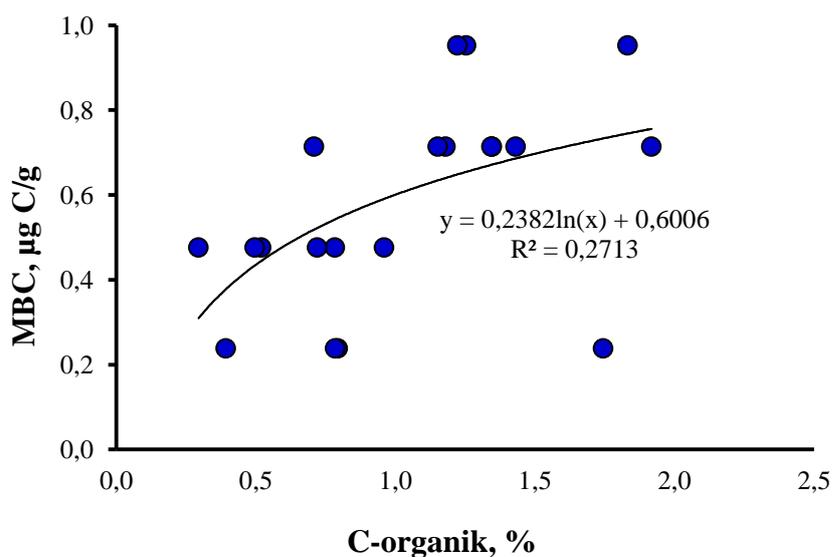
Keterangan: BT (lahan belum di tambang), ST (lahan sudah di tambang), MT (lahan masih "sedang" di tambang)

## 4.2 Pembahasan

Kegiatan penambangan pasir merupakan kegiatan yang menguntungkan secara ekonomi untuk sementara waktu saja, tetapi kegiatan tersebut meninggalkan dampak yang sangat merugikan lahan yang ditinggalkan. Lahan tersebut tidak bisa dimanfaatkan untuk Pertanian lagi, karena kualitas tanah sangat rendah yang dicirikan oleh kandungan C-organik yang rendah, tanah menjadi lebih padat dengan tingkat infiltrasi yang rendah; dengan demikian di saat musim penghujan sering terjadi penggenangan dan di musim kemarau terjadi kekeringan, sehingga menghambat pertumbuhan tanaman dan produksi tanaman yang rendah pula.

Di lokasi penelitian ini upaya reklamasi lahan yang dilakukan petani pemilik lahan adalah dengan menambahkan kotoran ayam/kambing (pupuk kandang), dan menambahkan pupuk kimia serta diiringi dengan penggunaan insektisida untuk membasmi hama embug (*Lepidiota stigma*) yang banyak menyerang akar tanaman.

Peningkatan karbon biomassa mikroba di lokasi penelitian berhubungan cukup erat dengan meningkatnya kadar C-organik tanah  $R^2=0.2713$  (Gambar 15) akibat penambahan pupuk kandang dan juga sistem agroforestri yang diterapkan, namun demikian peningkatannya masih belum bisa mencapai kategori tanah subur dengan rata-rata kadar C-organik 1,3%, menurut Hairiah *et al.* (2000), umumnya tanah pertanian yang subur memiliki kadar C-organik > 2,0 %.



Gambar 15. Hubungan C-organik tanah dengan karbon biomassa mikroba tanah

Mikroorganisme tanah membutuhkan bahan organik sebagai sumber energinya untuk merombak bahan organik tersebut menjadi senyawa yang dapat digunakan kembali oleh tanaman, sehingga keberadaan bahan organik dapat mempengaruhi aktivitas mikroorganisme tersebut. Namun nilai karbon biomassa mikroba masih dapat dipengaruhi oleh banyak hal, sehingga nilai C-organik tidak begitu signifikan untuk perubahan karbon biomassa mikroba. Menurut Yeboah (2016), tutupan lahan dan pengelolaan lahan dapat mempengaruhi komponen biologi pada tanah dan juga peningkatan ketersediaan nutrisi untuk pertumbuhan mikroorganisme.

Dari pengukuran total C-organik tanah masih perlu adanya koreksi, sehingga untuk perhitungan yang lebih akurat diperlukan perhitungan nilai  $C_{ref}$ , namun parameter yang lebih sensitif terhadap perubahan adalah nilai karbon biomassa mikroba karena merupakan fraksi labil dari bahan organik. Nilai karbon biomassa mikroba merupakan salah satu indikator yang sensitif terhadap perubahan kadar C-organik. Menurut Susilawati *et al.* (2013), karbon biomassa mikroba salah satu indikator kesuburan tanah yang sangat sensitif terhadap perubahan sifat fisika, kimia maupun biologi. Selain itu mikroorganisme tanah merupakan agen perombak bahan organik menjadi senyawa anorganik yang nantinya dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan. Oleh sebab itu karbon biomassa mikroba menjadi indikator penting dalam memelihara kesuburan tanah.

Karbon biomassa mikroba banyak terdapat di lahan agroforestri multistrata (AFM) dibandingkan dengan lahan agroforestri sederhana (AFS) maupun sistem budidaya tanaman semusim (TS) karena kerapatan tajuk dan keberagaman tanaman. Keberagaman tanaman akan mempengaruhi kualitas seresah yang nantinya menjadi sumber energi bagi mikroba tanah. Sehingga sistem agroforestri yang memiliki banyak jenis pohon memberikan pengaruh terhadap peningkatan nilai karbon biomassa mikroba yang dapat memelihara kesuburan tanah.

Pada lahan yang belum dilakukan penambangan pasir, nilai karbon biomassa mikroba cenderung sama dengan yang terdapat pada lahan yang telah dilakukan penambangan pasir, meskipun nilai karbon biomassa mikroba tidak terlalu berbeda pada lahan yang pernah ditambang dengan lahan yang belum ditambang, namun nilai biomassa C-mikroba tersebut sangat berbeda pada lahan yang masih

27  
“sedang” dilakukan penambangan pasir yang memiliki nilai karbon biomassa mikroba jauh lebih rendah yaitu sebesar 0,317  $\mu\text{g C/g}$ . Hal ini membuktikan bahwa adanya tanaman dan masukan bahan organik dapat memperbaiki kesuburan tanah.

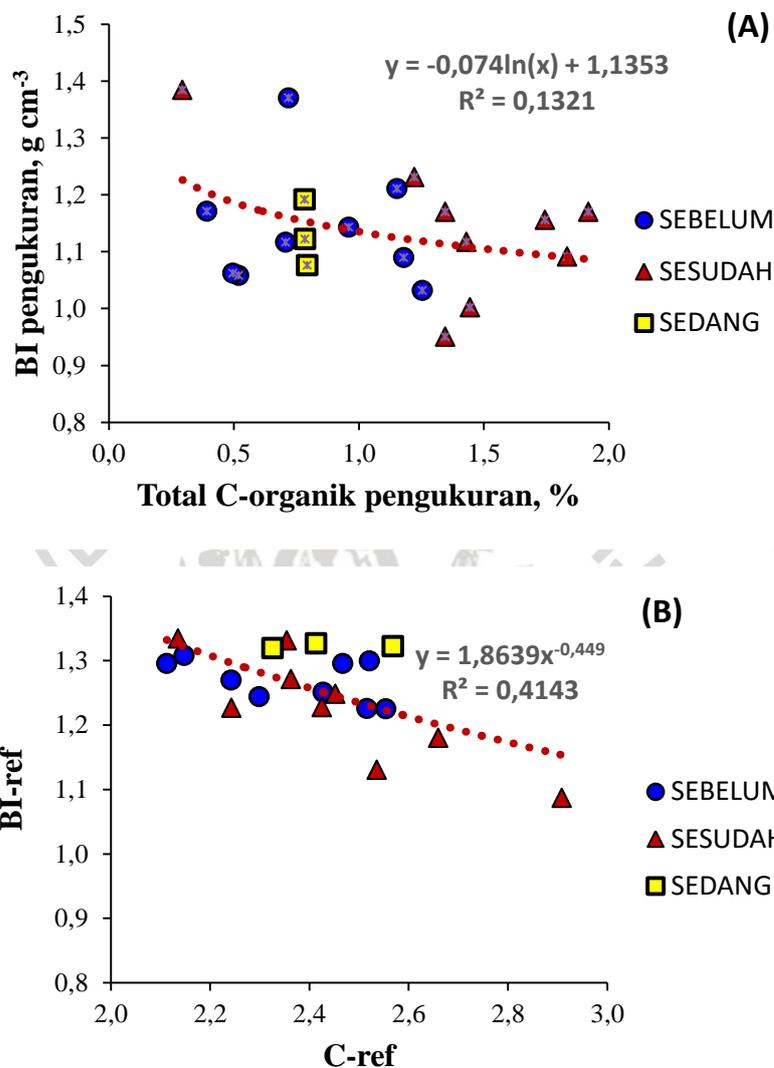
Nilai karbon biomassa mikroba pada jenis tekstur tanah yang berbeda akan memiliki nilai yang berbeda pula. Pada daerah yang memiliki tekstur tanah cenderung berliat (lempung berliat), menurut penelitian yang dilakukan Rifaldi (2018), rata-rata nilai karbon biomassa mikroba yang diperoleh sebesar 126,25  $\mu\text{g C/g}$ . Sedangkan pada daerah yang memiliki tekstur tanah cenderung berdebu (lempung berdebu), menurut penelitian yang dilakukan Kusumawati (2018), rata-rata nilai karbon biomassa mikroba yang diperoleh yaitu sebesar 50  $\mu\text{g C/g}$ . Sehingga nilai karbon biomassa mikroba yang telah di dapat pada tekstur tanah yang cenderung berpasir pada penelitian ini tergolong sangat rendah dengan nilai tertinggi yang diperoleh sebesar 0,79  $\mu\text{g C/g}$ .

Nilai C-organik dan karbon biomassa mikroba menurun dengan adanya kegiatan penambangan pasir. Hal tersebut menyebabkan lahan penambangan pasir (MT) mengalami penurunan kesuburan tanah. Nilai C-organik dan karbon biomassa mikroba meningkat pada lahan bekas penambangan pasir (ST). Peningkatan nilai C-organik dan karbon biomassa mikroba disebabkan karena adanya penambahan bahan organik berupa pupuk kandang dan penerapan sistem agroforestri. Namun, nilai C-organik tersebut masih tergolong rendah. Rendahnya nilai C-organik dapat dipengaruhi oleh tekstur tanah yang cenderung berpasir. Menurut Agus *et al.* (2006a), tanah lempung mempunyai kapasitas jerapan hara yang lebih baik daripada tanah berpasir.

#### **Hubungan C-organik tanah dengan BI tanah**

Hasil uji regresi menunjukkan bahwa meningkatnya kadar C-organik tanah tidak diikuti oleh menurunnya BI tanah,  $R^2=0,1321$  (Gambar 16A). Faktor lain yang mempengaruhi BI tanah adalah kandungan liat tanah, tanah berpasir biasanya memiliki BI > BI tanah berliat. Menurut Agus *et al.* (2006b), nilai berat isi tanah pasir lebih tinggi daripada berat isi tanah liat yang cenderung lebih rendah. Selanjutnya uji regresi dilakukan terhadap data C tanah dan BI dari hasil perhitungan menggunakan pedotransfer tanah (Van Noordwijk et al, 1997) dan

hasilnya menunjukkan bahwa sekitar 40% dari variasi data BI ref adalah dipengaruhi oleh C-ref,  $R^2=0,4143$  (Gambar 16B).



Gambar 16. Hubungan C-organik tanah dengan BI tanah

Hasil ini secara tidak langsung menggambarkan peran penting masukan bahan organik untuk merawat kandungan C-organik tanah agar kualitas tanah dapat dipertahankan guna mendukung produktivitas tanaman yang berkelanjutan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Kegiatan penambangan pasir pada lokasi penelitian menurunkan nilai karbon biomassa mikroba dari 0,58  $\mu\text{g C/g}$  menjadi 0,32  $\mu\text{g C/g}$
2. Adanya penambahan bahan organik ke dalam tanah (berupa pupuk kandang dan pupuk kimia) setelah penambangan, meningkatkan nilai karbon biomassa mikroba dari 0,32  $\mu\text{g C/g}$  menjadi 0,69  $\mu\text{g C/g}$  maupun kadar C-organik meningkat dari 0,79% menjadi 1,39% namun hasil yang diperoleh masih tergolong rendah.
3. Biomassa C mikroba di sistem agroforestri multistrata lebih besar (rata-rata 0,79  $\mu\text{g C/g}$ ) dibandingkan dengan agroforestri sederhana (rata-rata 0,56  $\mu\text{g C/g}$ ), maupun pada lahan kosong yang tidak ditanami (rata-rata 0,32  $\mu\text{g C/g}$ ).

### 5.2 Saran

Untuk pengamatan karbon biomassa mikroba pada lahan bekas penambangan pasir harus dilakukan dengan jumlah ulangan yang lebih banyak, karena pada penelitian ini terdapat variasi data yang sangat tinggi. Untuk lahan yang telah ditambang pasirnya sebaiknya lahan dikelola dengan lebih baik terlebih dahulu sebelum ditanami dan dengan menggunakan sistem agroforestri multistrata.

## DAFTAR PUSTAKA

Agus, F., Yusrial dan Sutono. 2006a. Penetapan Tekstur Tanah. P.43-62. *Dalam Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. BBSDLP : Bogor.

\_\_\_\_\_, Yustika, R.D., dan Haryati, U. 2006b. Penetapan Berat Volume Tanah. P.25-34. *Dalam Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. BBSDLP : Bogor.

Cadisch, G., Imhof, H., Urquiaga, S., Boddey, R.M., and Giller K.E. 1996. Carbon (<sup>13</sup>C) and Nitrogen Mineralization Potential of Particulate Light Organic Matter After Rainforest Clearing. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (1996), pp 1555-1567.

Cahyaningtyas, W.P., dan Sumantri, I. 2012. Pengaruh Penambahan Biochar Limbah Pertanian dan Pestisida pada Inkubasi Tanah Inceptisol untuk Menekan Emisi Gas Metana (CH<sub>4</sub>) Sebagai Gas Rumah Kaca. Universitas Diponegoro : Semarang.

García-Ruiz, R., Ochoa, V., Hinojosa, B., and Carreira, J. A. 2008. Sustainability of Enzyme Activities of The Monitoring of Soil Quality Improvement in Organic Agricultural Systems. *Soil Biol Biochem*, 40, 2137–2135.

Guillaume, T., Maranguit, D., Murtillaksono, K., and Kuzyakov, Y. 2016. Sensitivity and Resistance of Soil Fertility Indicators to Land-Use Changes : New Concept and Examples From Conversion of Indonesian Rainforest to Plantations. *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd.

Hairiah, K., Widiyanto, Utami, S.R., Suprayogo, D., Sunaryo, Sitompul, S.M., Lusiana, B., Mulia, R., Van Noordwijk, M., dan Cadisch, G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi Refleksi Pengalaman dari Lampung Utara. SMT Grafika Desa Putera : Jakarta.

\_\_\_\_\_, Sugiarto, C., Utami, S.R., Purnomosidhi, P., dan Roshetko, J.M. 2004. Diagnosis Faktor Penghambat Pertumbuhan Akar Sengon (*Paraserianthes falcataria L. Nielsen*) pada Ultisol di Lampung Utara. Universitas Brawijaya : Malang.

Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. PT Raja Grafindo Persada : Jakarta.

Hardjowigeno, S. 2010. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo : Jakarta.

- Iswandi, A., Santoso, D.A., dan Widyastuti, R. 1995. Penggunaan Ciri Mikroorganisme dalam Mengevaluasi Degradasi Tanah. Kongres Nasional VI HITI, 12-15 Desember 1995 : Serpong.
- Karlen, D.L., Hurley, E.G., and Mallarino, A.P. 2006. Crop rotation on soil quality at three northern corn/soybean belt location. *Agron. J.* 98:484-495.
- Kusumawati, I. A. 2018. Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan Terhadap Biomassa Karbon Mikroba dan Total Populasi Bakteri di UB Forest. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang
- Madjid, A. 2007. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Universitas Sriwijaya : Sumatera Selatan
- Nurida, N.L., Haridjaja, D., Arsyad, S., Sudarsono, Kurnia, U., dan Djajakirana, G. 2007. Perubahan Fraksi Bahan Organik Tanah Akibat Perbedaan Cara Pemberian dan Sumber Bahan Organik pada Ultisols Jasinga. *Jurnal Tanah dan Iklim* no. 26 ISSN 1410-7244.
- Nurmegawati, Afrizon, dan Sugandi, D. 2014. Kajian Kesuburan Tanah Perkebunan Karet Rakyat di Provinsi Bengkulu. *Jurnal Littri* Vol. 20 No. 1:17 – 26.
- Pamujingtyas, D.C. 2009. Studi Kualitas Tanah Pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan Di Wilayah Desa Ngadipiro Kecamatan Nguntoronadi, Wonogiri. Universitas Sebelas Maret : Surakarta.
- Reeves, W. 1997. The Role of Soil Organic Matter in Maintaining Soil Quality in Continuous Cropping System. *Soil and Tillage Research.* 43: 131-167
- Rifaldi, G. 2018. Pengaruh Penutup Tanah dan Pengolahan Tanah Terhadap Laju Dekomposisi Biogeotekstil, Biomassa C-mikroba dan Hasil Tanaman Jagung di Lahan Kering. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya : Malang
- Saraswati, R., Prihatini, T., dan Hastuti, R.D. 2004. Teknologi Pupuk Mikroba Untuk Meningkatkan Efisiensi Pemupukan dan Keberlanjutan Sistem Produksi Padi Sawah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat : Bogor.
- Sourková, M., Frouz, J., Fettweis, U., Bens, O., Hüttl, R.F., and Šantrůčková, H. 2005. Soil Development and Properties of Microbial Biomass Succession in Reclaimed Post Mining Sites Near Sokolov (Czech Republic) And Near Cottbus (Germany). *Geoderma* 129(1):73-80.

Suhartini. 2006. Fenomena Penambangan Pasir dan Pembangunan Beserta Dampak Lingkungan Yang Ditimbulkannya (Studi Kasus di Sekitar Merapi dan di Kabupaten Bantul). Universitas Negeri Yogyakarta : Yogyakarta.

Suherman, D.W., Suryaningtyas, D.T., dan Mulatsih, S. 2015. Dampak Penambangan Pasir Terhadap Kondisi Lahan dan Air di Kecamatan Sukaratu, Kabupaten Tasikmalaya. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan 5(2):99-105

Sukarman dan Suparto. 2015. Sebaran dan Karakteristik Material Vulkanik Hasil Erupsi Gunung Sinabung di Sumatera Utara. Badan Litbang Pertanian : Bogor.

Susilawati, Mustoyo, Eriandra, B., Anggono, R.C.W., dan Simanjuntak, B.H. 2013. Analisis Kesuburan Tanah dengan Indikator Mikroorganisme Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Plateu Dieng. Fakultas Pertanian UKWS : Salatiga.

Utami, S.N.H. 2004. Ilmu Kesuburan Tanah. Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.

Van Noordwijk, M., Cerri, C., Woomer, P.L., Nugroho, K., and Bernoux, M. 1997. Soil carbon dynamics in the humid tropical forest zone. Geoderma 79: 187-225.

Vance, E.D., Brookes, P.C., and Jenkinson, D.S. 1987. An Extraction for Measuring Soil Microbial Biomass C. Soil Biol Biochem 19: 703-707.

Yang, Z., Li, H., and Bai, J. 2015. Effects on Soil Organic Carbon and Microbial Biomass Carbon of Different Tillage. International Conference on Circuits and Systems : China.

Yeboah, S., Zhang, R., Cai, L., Li, L., Xie, J., Luo, Z., Liu, J., Wu, J. 2016. Tillage Effect On Soil Organic Carbon, Microbial Biomass Carbon And Crop Yield In Spring Wheat-Field Pea Rotation. Plant Soil Environ 62(6):279-285.