

# Efektivitas Pupuk Organik dan Pupuk Hayati terhadap Pemulihan Tanah Terdegradasi di Desa Sucopangepok Kabupaten Jember

## *Effectiveness of Organic Fertilizer and Biofertilizer on the Recovery of Degraded Soil in Sucopangepok Village, Jember Regency*

Sugeng Winarso<sup>1\*</sup>, Iis Nur Asyiah<sup>2</sup>, Rakhmaghfiroh Geonina Ganestri<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

<sup>2</sup> Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember Jl. Kalimantan No. 37, Jember 6812, Jawa Timur, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Diterima: 7 Oktober 2021  
Disetujui: 31 Desember 2021  
Dipublikasi online: 31 Desember 2021

#### Kata Kunci:

Pupuk Organik  
Pupuk Hayati  
Tanah Terdegradasi

#### Keywords:

Organic Fertilizer  
Liquid Biofertilizer  
Degraded Soil

#### Direview oleh:

Etty Pratiwi,  
Rahmah Yustika

**Abstrak.** Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kesuburan tanah terdegradasi yaitu pemberian nutrisi tambahan berupa pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, limbah ikan dan pupuk hayati cair sebagai bionematisida. Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektivitas pupuk organik dan pupuk hayati cair terhadap pemulihan tanah terdegradasi berdasarkan variabel kimia tanah. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember dan pada lahan sawah di Desa Sucopangepok Kabupaten Jember. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan 2 faktor, yaitu pupuk hayati (tidak diberi dan diberi pupuk hayati yang mengandung 3 bakteri endofit and 1 rhizobakteri) dan pupuk organik dengan komposisi 50% biochar, 25% kotoran ayam, dan 25% limbah ikan (terdiri dari 5 taraf 0; 2,5; 5; 7,5; dan 10 ton/ha) serta masing-masing perlakuan diulang 5 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati dan pupuk organik yang berasal dari biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan hingga 10 ton/ha belum efektif menurunkan pH tanah agak alkalin, menaikkan kadar K dapat ditukar, dan kadar C-organik tanah. Sebaliknya penambahan pupuk organik tersebut cukup efektif menaikkan N-Total tanah khususnya penambahan 5 ton/ha dan efektif menaikkan kadar P-tersedia pada penambahan 7,5 ton/ha. Oleh karena itu masih diperlukan pemberian pupuk organik tersebut secara berkesinambungan hingga didapatkan kondisi subur dan stabil.

**Abstract.** One way that can be done to restore the fertility of degraded soils is the provision of additional nutrients in the form of organic fertilizers derived from a combination of biochar, chicken manure, fish waste and liquid biological fertilizers as bionematicides. This study aims to assess the effectiveness of organic fertilizers and liquid biofertilizers on the recovery of degraded soils based on soil chemical variables. This research was conducted at the Laboratory of Soil Fertility, Faculty of Agriculture, University of Jember and on rice fields in Sucopangepok Village, Jember Regency. This research used a randomized block design with 2 factors, namely biological fertilizers (not given and given liquid biofertilizers containing 3 endophytic bacteria and 1 rhizobacteria) and organic fertilizers with a composition of 50% biochar, 25% chicken manure, and 25% fish waste (consisting of 5 levels 0; 2.5; 5; 7.5; and 10 tons/ha) and each treatment was repeated 5 times. The results showed that the application of liquid biofertilizers and organic fertilizers derived from biochar, chicken manure, and fish waste up to 10 tons/ha was not effective in reducing slightly alkaline soil pH, increasing exchangeable K levels, and soil organic C levels. On the other hand, the addition of organic fertilizer was quite effective in increasing the soil total N, especially the addition of 5 tons/ha and effective in increasing the level of available P at the addition of 7.5 tons/ha. Therefore, it is still necessary to apply organic fertilizer continuously until fertile and stable conditions are obtained.

## Pendahuluan

Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) adalah tanaman pangan yang digunakan sebagai sumber energi oleh sebagian besar penduduk dunia. Keberlanjutan produksi padi di Indonesia sangat bergantung pada pemberian input yang digunakan oleh petani khususnya pupuk. Kegiatan pemupukan bertujuan untuk menambah unsur hara yang

dibutuhkan oleh tanaman, karena unsur hara yang terdapat di dalam tanah tidak selalu tercukupi dan dapat memenuhi kebutuhan tanaman (Salikin 2003). Selain pupuk sudah menjadi kebutuhan, aplikasi pupuk yang tidak tepat dapat mengakibatkan degradasi tanah. Salah satu lahan padi yang tanahnya telah mengalami degradasi yaitu lahan sawah di daerah Desa Sucopangepok Kabupaten Jember.

\* Corresponding author: winarsosugeng@unej.ac.id

Lokasi spesifiknya yaitu pada titik koordinat 8°3'25,71''S 113°44'14,814''E pada ketinggian 514 mdpl. Jenis tanah pada lahan tersebut yaitu alfisol dengan tekstur tanah *loom* dan memiliki kandungan bahan organik yang rendah. Lahan sawah tersebut sebelumnya telah diteliti dan dikategorikan dalam keadaan terdegradasi. Degradasi tanah yang dimaksudkan adalah ketidakseimbangan unsur hara. Dampak dari degradasi tanah tidak segera terlihat di lapangan, atau tidak secara drastis menurunkan hasil panen, tetapi dapat mempengaruhi produksi hasil panen beberapa tahun kedepannya (Maliangkay 2018).

Cara yang dapat dilakukan untuk mengembalikan kondisi kesuburan tanah pada tanah yang telah terdegradasi tersebut yaitu penggunaan bibit unggul yang responsif terhadap kondisi marginal, sistem pengolahan tanah yang baik, dan yang paling penting adalah pemberian nutrisi tambahan pada tanah berupa pemupukan (Subandi 2012). Pupuk organik yang dapat digunakan yaitu pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar arang sekam, kotoran ayam, limbah ikan dan pupuk hayati cair. Pemanfaatan limbah sebagai bahan pupuk organik karena bahan-bahan tersebut memiliki kandungan yang dapat ditingkatkan fungsinya.

Biochar adalah bahan padat kaya karbon yang dibuat dari bahan baku limbah organik melalui pembakaran tidak sempurna, dan biochar dapat diaplikasikan sebagai pembenah tanah (Wang and Wang 2019). Kotoran ayam banyak dipakai sebagai bahan dari pupuk organik dikarenakan kandungan unsur hara dari kotoran ayam lebih baik dan lebih tinggi daripada kandungan unsur hara pada kotoran hewan ternak lainnya (Yuliarti dan Patanga 2016). Pemanfaatan limbah ikan menjadi pupuk organik bertujuan untuk menghasilkan pupuk yang kaya berbagai nutrisi yang diperlukan oleh tanaman (Rosmaiti *et al.* 2019). Pengombinasian biochar dapat dilakukan dengan beragam sumber unsur hara organik seperti kotoran ayam dan limbah ikan. Pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan ini diharapkan dapat mencukupi unsur hara pada tanah yang telah terdegradasi di daerah Desa Sucopangepok. Pupuk hayati yang digunakan ini adalah pupuk hayati cair dari formulasi isolat bionematisida dengan bahan organik yang murah dan ramah lingkungan (Asyiah *et al.* 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menilai efektifitas dari pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, limbah ikan dan pupuk hayati cair terhadap pemulihan tanah terdegradasi yang meliputi sifat kimia tanahnya di Desa Sucopangepok Kecamatan Jelbuk Kabupaten Jember.

## Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember untuk analisis pendahuluan dan akhir. Dilaksanakan di *green house* untuk pembuatan pupuk organik, dan juga penanaman padi pada lahan sawah di Desa Sucopangepok Kabupaten Jember, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 sampai April 2021. Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu benih padi varietas Ciherang, pupuk hayati cair, biochar arang sekam, kotoran ayam, limbah ikan, dan bahan analisis laboratorium. Alat yang digunakan yaitu peralatan laboratorium dan alat-alat pertanian. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan 2 faktor dan 5 ulangan. Faktor pertama adalah penggunaan pupuk hayati cair yang terdiri dari dua taraf yaitu P1: dengan penggunaan pupuk hayati cair dan P0: tanpa penggunaan pupuk hayati cair. Faktor yang kedua adalah dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan yang terdiri dari 5 taraf yaitu D0: 0 ton/ha, D1: 2,5 ton/ha, D2: 5 ton/ha, D3: 7,5 ton/ha, dan D4: 10 ton/ha.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan dari faktor dosis pupuk organik dan faktor pupuk hayati cair

Table 1. Treatment combination from organic fertilizer dose factor and liquid biofertilizer factor

	Dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan				
	0 ton/ha (D0)	2,5 ton/ha (D1)	5 ton/ha (D2)	7,5 ton/ha (D3)	10 ton/ha (D4)
Dengan pupuk hayati cair (P1)	P1D0	P1D1	P1D2	P1D3	P1D4
Tanpa pupuk hayati cair (P0)	P0D0	P0D1	P0D2	P0D3	P0D4

Prosedur penelitian ini meliputi pembuatan pupuk, penanaman di lapang, hingga analisis di laboratorium. Pupuk organik yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari campuran biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan yang telah dikering anginkan kemudian dihaluskan menjadi tepung, dan dicampurkan hingga homogen. Perbandingan bahan pupuk organik adalah 50% biochar, 25% kotoran ayam, dan 25% limbah ikan. Perhitungan pupuk didapatkan dari luas lahan dibagi dengan jarak tanam kemudian disesuaikan dengan dosisnya. Berikut rincian jumlah pupuk organik yang dibutuhkan untuk setiap dosisnya:

Tabel 2. Jumlah pupuk organik yang dibutuhkan

Table 2. Amount of organic fertilizer needed

Dosis Pupuk Organik (ton/ha)	Kebutuhan untuk Setiap Tanaman (gram)	Kebutuhan untuk Satu Kali Pemupukan (gram)
0	0	0
2,5	3,333	5.346
5	6,666	10.800
7,5	9,999	16.200
10	13,333	21.600

Analisis laboratorium dilaksanakan untuk analisis pendahuluan dan juga analisis akhir. Analisis pendahuluan dilakukan untuk mengetahui sifat kimia tanah dan juga kandungan pada pupuk. Sifat kimia yang dianalisis antara lain pH tanah dan pupuk organik, kadar air tanah dan pupuk organik, N tanah dan pupuk organik, P tanah dan pupuk organik, K tanah dan pupuk, C-organik tanah dan pupuk organik, KTK tanah, dan juga tekstur tanah. Setelah melakukan analisis pendahuluan, dilakukan penanaman di lahan.

Persiapan lahan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengolah tanah terlebih dahulu dengan cara membajak lahan menggunakan *hand* traktor atau menggunakan cangkul. Sebelum dilakukan pembajakan diberikan air terlebih dahulu untuk melunakkan tanah, kemudian juga dipersiapkan lahan untuk menyemai bibit. Penanaman dilakukan dengan 2-3 bibit pada setiap lubang tanam, dengan jarak tanam 20 x 20 cm. Pemupukan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar arang sekam, kotoran ayam, limbah ikan dan pupuk hayati cair. Pemupukan dilakukan tiga kali pada saat padi berumur 21 hari setelah tanam, 35 hari setelah tanam, dan 45 hari setelah tanam. Pupuk organik dan pupuk hayati ini diberikan secara

bersamaan. Kebutuhan pupuk hayati cair yaitu 220 ml per 16 liter untuk 25 plot perlakuan. Sedangkan kebutuhan pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan yaitu 161,838 kilogram untuk 3 kali pemupukan dan diberikan secara tugal.

Pemeliharaan tanaman padi meliputi pengairan, penyiangan, dan pengendalian hama dan penyakit. Pemanenan dilakukan ketika gabah telah menunjukkan masak fisiologis. Setelah penanaman dan padi dipanen maka dilakukan analisis akhir pada tanah untuk mengetahui perubahan kandungan sifat kimianya setelah diberikan perlakuan seperti pada pH tanah, kadar air tanah, kandungan N tanah, P tanah, K tanah, C-organik tanah, dan KTK tanah. Data hasil analisis laboratorium akan dianalisis secara statistika dengan uji ANOVA (*Analysis of Varians*) dan apabila terdapat perlakuan yang berbeda nyata akan dilanjutkan dengan Uji *Duncan Multiple Range* (DMRT) pada taraf 5 %.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisis Pendahuluan

Analisis pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik tanah awal atau sebelum diberikan perlakuan. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Desa Sucopangepok Kecamatan Jelbuk Kabupaten Jember. Hasil analisis pendahuluan sifat kimia tanah dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Kesuburan Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember pada Tabel 3 diketahui bahwa sifat tanah pada tanah alfisol tersebut cenderung rendah dikarenakan tanah pada lahan tersebut merupakan tanah terdegradasi, sehingga tanah tidak mampu menyediakan unsur hara yang cukup untuk kebutuhan tanaman. Hasil analisis pendahuluan

Tabel 3. Hasil analisis pendahuluan sifat kimia tanah

Table 3. Preliminary analysis result of soil chemical properties

Variabel	Satuan	Nilai	Harkat (*)
Kadar Air (Gravimeter)	%	9,41	-
pH H <sub>2</sub> O (pH meter)	-	7,47	Netral
N (Kjedahl)	%	0,12	Rendah
P (Olsen)	ppm	0,19	Sangat Rendah
K (1M Amonium Asetat)	ppm	468	Sangat Tinggi
C-Organik (Kurmis)	%	1,33	Rendah
KTK (1M Amonium Asetat)	me/100g	17,48	Sedang

\*) Balai Penelitian Tanah (2009)

menunjukkan nilai pH tanah yang digunakan adalah 7,47 dengan harkat netral. Nilai unsur N tanah yang terkandung yaitu 0,12 % dengan harkat rendah.

Nilai unsur P yang terkandung dalam tanah yaitu 0,19 ppm dengan harkat sangat rendah. Nilai unsur K yang terkandung dalam tanah yaitu 1,20 % atau 468 ppm dengan harkat sangat tinggi. Nilai C-Organik yang terkandung yaitu 1,33 % dengan harkat rendah. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Safitri *et al.* (2018) bahwa nilai C-Organik pada tanah alfisol rendah. Nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK) yang terkandung dalam tanah yaitu 17,48 me/100g dengan harkat sedang. Tanah yang digunakan dalam penelitian ini juga dilakukan analisis pendahuluan pada salah satu sifat fisiknya, yaitu tekstur tanah. Hasil analisis pendahuluan tekstur tanah dapat dilihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil analisis pendahuluan tekstur tanah

Table 4. Preliminary analysis result of soil texture

Fraksi	Satuan	Nilai	Keterangan
Pasir	%	41	Lempung (Loam)
Debu	%	33	
Clay/Liat	%	26	

\*) Data Hasil Analisis Laboratorium Fisika Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember (2020); Sumber Kriteria Penilaian Tekstur Tanah Menurut USDA (Soil Survey Staff 1990)

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan yang dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Fisika Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember pada Tabel 4 diketahui bahwa tanah yang digunakan dalam penelitian merupakan tanah dengan nilai persen fraksi pasir lebih besar yaitu 41 %. Nilai persen fraksi debu yaitu 33 % dan nilai persen fraksi liat yaitu 26 %, sehingga berdasarkan segitiga tekstur tanah tersebut masuk ke dalam kelas tekstur Lempung (*Loam*). Menurut Tarigan *et al.* (2015) menyatakan bahwa tekstur tanah yang ideal untuk dijadikan media tanam yang baik adalah tekstur *Loam*. Jenis tekstur *Loam* adalah jenis tekstur yang memiliki kandungan fraksi pasir, debu, dan liatnya saling berimbang. Perbandingan kandungan fraksi yang berimbang akan memungkinkan jenis tanah ini memiliki kandungan air yang tinggi, dan hal tersebut dapat menunjang pertumbuhan tanaman.

Pupuk organik yang digunakan yaitu pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan juga dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kandungan hara dalam pupuk. Hasil analisis pendahuluan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 5 berikut:

Tabel 5. Hasil analisis pendahuluan pupuk organik

Table 5. Preliminary analysis result of organic fertilizer

Variabel	Satuan	Nilai
pH	-	7,87
N-Total	%	1,46
P-Total (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,85
K-Total (K <sub>2</sub> O)	%	1,71
C-Organik	%	27,83

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan pada pupuk organik yang dilakukan oleh peneliti di Laboratorium Fisika Tanah Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jember pada Tabel 5 diketahui bahwa untuk semua variabel yang telah dianalisis pendahuluan sudah memenuhi persyaratan teknis minimal pupuk organik sesuai Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, sehingga pupuk organik yang berasal kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan dapat digunakan oleh peneliti dalam penanaman padi.

Pupuk organik ini berupa pupuk remahan yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan yang telah dihaluskan dan dicampur sehingga ketiga bahan tersebut menjadi homogen sesuai dengan komposisinya yaitu 50 % biochar, 25 % kotoran ayam, dan 25 % limbah ikan. Munawar (2011) menyatakan bahwa sumber pupuk kandang (kotoran ayam) merupakan salah satu sumber penting bahan organik, karena relatif mudah didapatkan dari peternak yang terus berkembang.

Pupuk hayati yang akan digunakan dalam penelitian ini juga dilakukan analisis pendahuluan untuk mengetahui kandungan pada pupuk tersebut. Hasil analisis pendahuluan pupuk hayati cair dapat dilihat pada tabel 6.

Berdasarkan hasil analisis pendahuluan pada pupuk hayati cair yang dilakukan oleh tim peneliti lain di Laboratorium Nematologi Tumbuhan Fakultas Pertanian pada Tabel 6 diketahui bahwa untuk semua variabel yang telah dianalisis sudah memenuhi persyaratan teknis minimal pupuk hayati cair sesuai Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor: 261/KPTS/SR.310/M/4/2019, sehingga pupuk hayati cair dapat digunakan oleh peneliti dalam penanaman padi. Pupuk hayati yang digunakan ini adalah pupuk hayati cair dari formulasi isolat bionematisida dengan bahan organik yang murah dan ramah lingkungan (Asyiah *et al.* 2021). Pupuk hayati cair ini dapat diaplikasikan dengan cara penyemprotan pada daun ataupun penyemprotan pada tanah karena pupuk hayati ini dapat mengendalikan nematoda yang ada di dalam tanah.

Tabel 6. Hasil analisis pendahuluan pupuk hayati cair

Table 6. Preliminary analysis result of liquid biofertilizer

Variabel	Satuan	Nilai
<i>Bacillus</i> sp.	CFU mL <sup>-1</sup>	3,9 x 10 <sup>9</sup>
<i>Pseudomonas</i> sp.	CFU mL <sup>-1</sup>	2,6 x 10 <sup>9</sup>
Bakteri Endofitik	CFU mL <sup>-1</sup>	2,7 x 10 <sup>8</sup>
<i>Azotobacter</i> sp.	CFU mL <sup>-1</sup>	1,7 x 10 <sup>8</sup>
Penambat N	-	Positif
Pelarut P	-	Positif
Perombak Bahan Organik	-	Positif
Patogenisitas	-	Negatif
<i>E.coli</i>	MPN mL <sup>-1</sup>	< 3
<i>Salmonella</i> sp.	MPN mL <sup>-1</sup>	< 3

### Pengaruh Pemberian Pupuk terhadap Sifat Kimia Tanah

Kombinasi perlakuan dari pupuk hayati cair dengan dosis pupuk organik yang berasal dari biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan memberikan pengaruh pada sebagian variabel pengamatan. Tabel rangkuman F-hitung dengan menggunakan uji lanjut DMRT pada taraf kepercayaan 5 % dapat dilihat pada tabel 7.

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam diatas pada variabel pengamatan sifat kimia tanah diketahui bahwa pupuk hayati cair menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata pada variabel C-organik, sedangkan pada variabel lain pemberian pupuk hayati berbeda tidak nyata. Pemberian dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan

menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata pada P dan berbeda nyata pada C-organik, sedangkan pada variabel lain pemberian pupuk organik berbeda tidak nyata. Pemberian kombinasi pupuk hayati cair dan pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada variabel N, sedangkan pada variabel lain pemberian kombinasi pupuk hayati cair dan pupuk organik berbeda tidak nyata.

### pH Tanah

Pengaplikasian pupuk hayati cair dengan pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan pada tanah sawah terdegradasi di Desa Sucopangepok tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH tanah pada tanah tersebut (Gambar 1).

Nilai pH tanah sebelum diberikan perlakuan pupuk yaitu 7,47 dan setelah diberikan perlakuan nilai pH tanah sebagian besar mengalami penurunan namun tidak signifikan, penurunan nilai pH hingga 7,31 dan terdapat dua perlakuan yang mengalami kenaikan pH hingga 7,6. Kenaikan pH tanah paling besar terjadi pada perlakuan tanpa pemberian pupuk hayati dan dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P0D4), hal tersebut sejalan dengan pernyataan Sasmita *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa dengan bertambahnya dosis biochar pada pupuk organik yang diberikan ke dalam tanah dapat menyebabkan pH tanah semakin meningkat. Kemudian didukung juga dengan penelitian Cha *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa biochar memiliki gugus fungsional fenolik, karboksil, dan hidroksil yang dapat bereaksi dengan ion H<sup>+</sup> di dalam tanah, sehingga mengurangi konsentrasi ion H<sup>+</sup> di larutan dan meningkatkan nilai pH tanah.

Berdasarkan perhitungan efektivitas kenaikan nilai pH tanah, perlakuan tanpa pemberian pupuk hayati dan dosis

Tabel 7. Rangkuman F-hitung pengaruh perlakuan terhadap sifat kimia tanah

Table 7. Summary the calculated F of the effect treatments on soil chemical properties

Variabel Pengamatan	Pupuk Hayati	Dosis Pupuk Organik	HayatixOrganik
pH	0,66 ns	0,72 ns	0,81 ns
N	0,42 ns	0,73 ns	2,74 *
P	0,01 ns	7,88 **	1,48 ns
K	1,87 ns	0,05 ns	1,02 ns
C-organik	8,66 **	3,18 *	0,77 ns
KTK	0,31 ns	0,39 ns	1,85 ns

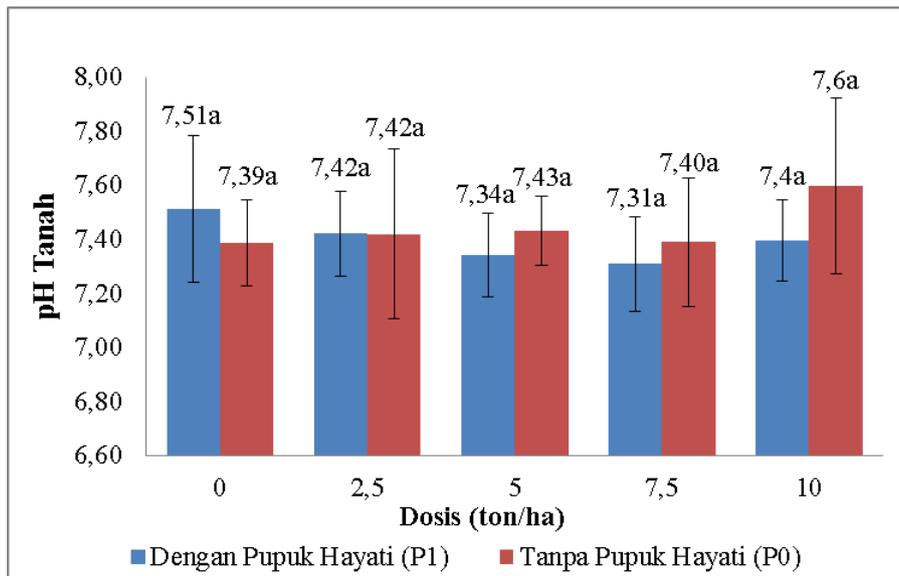
Keterangan: \*\*) F-Hitung > F-Tabel 1 % (berbeda sangat nyata); \*) F-Hitung > F-Tabel 5 % (berbeda nyata); ns) F-Hitung < F-Tabel 5 % dan 1 % (berbeda tidak nyata)

pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P0D4) tidak dapat dikatakan efektif, karena pada perlakuan ini hanya dapat menaikkan nilai pH tanah sebesar 2,82 % dari perlakuan kontrol.

**Nitrogen (N) Tanah**

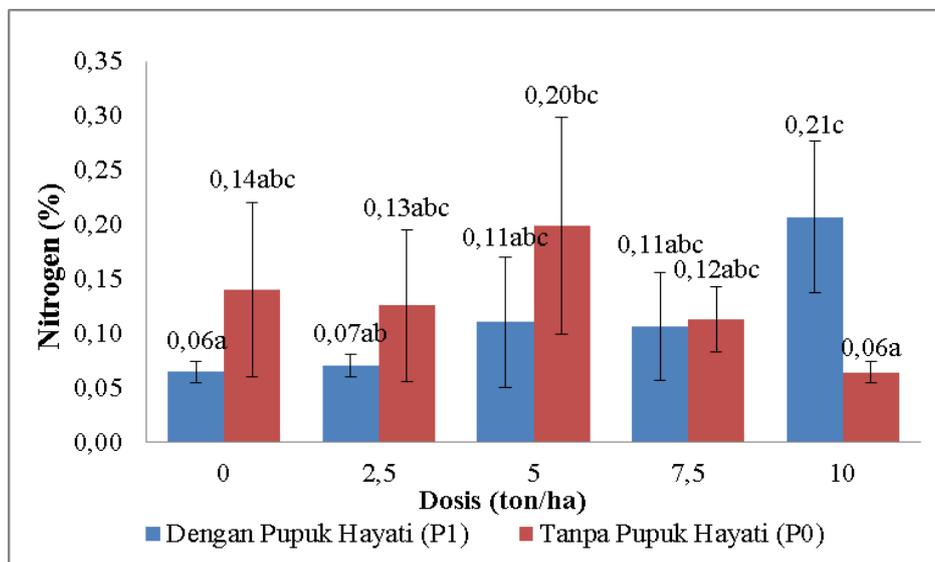
Pengaplikasian interaksi pupuk hayati cair dengan pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan pada tanah sawah terdegradasi di Desa Sucopangepok memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan N tanah pada tanah tersebut (Gambar 2).

Nilai N tanah sebelum diberikan perlakuan pupuk yaitu 0,12 % dan setelah diberikan perlakuan pupuk nilai N tanah mengalami penurunan dan kenaikan. Kenaikan paling besar terdapat pada perlakuan dengan pupuk hayati cair dan dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P1D4), hal tersebut dapat terjadi karena dosis pupuk yang diberikan paling besar daripada perlakuan yang lain, artinya sumbangan N dari pupuk organik pada tanah juga semakin besar dan pemberian pupuk hayati sangat membantu menyumbang bakteri Penambat N dan bakteri Azotobacter. Bakteri Penambat N dan juga bakteri Azotobacter dapat menambat N di dalam tanah.



Gambar 1. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap pH tanah beserta uji lanjut DMRT

Figure 1. The result of interaction factor treatment of soil pH with DMRT further test



Gambar 2. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap N tanah beserta uji lanjut DMRT

Figure 2. The result of interaction factor treatment of soil Nitrogen with DMRT further test

Munawar (2011) menyatakan bahwa penambatan (fiksasi) N adalah proses perubahan gas  $N_2$  murni yang berasal dari atmosfer menjadi bentuk-bentuk yang dapat tersedia bagi tanaman, yaitu dalam bentuk  $NH_4^+$  atau  $NO_3^-$ . Perlakuan dengan pupuk hayati cair dan dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P1D4) membuat nilai N pada tanah alfisol menjadi paling tinggi karena pemberian N organik yang digunakan oleh mikroorganisme untuk immobilisasi tercukupi dan tanaman tidak kekurangan N untuk diserap. Perlakuan dengan pupuk hayati (P1) pada dosis pupuk organik lainnya mengalami penurunan nilai N dikarenakan pemberian N organik tidak maksimal, sehingga menyebabkan mikroorganisme berkompetisi dengan tanaman untuk mengambil  $NH_4^+$  dan  $NO_3^-$  selama proses immobilisasi (Nurhidayati 2016). Penurunan nilai N tanah dapat disebabkan karena unsur N tidak tersedia di dalam tanah. Penyebab unsur N tidak tersedia di dalam tanah yaitu hilangnya unsur N di dalam tanah. Hilangnya unsur N dalam tanah dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti kemasaman tanah, unsur N telah diserap atau digunakan oleh mikroorganisme, proses pencucian air dan proses denitrifikasi (Astari *et al.* 2016).

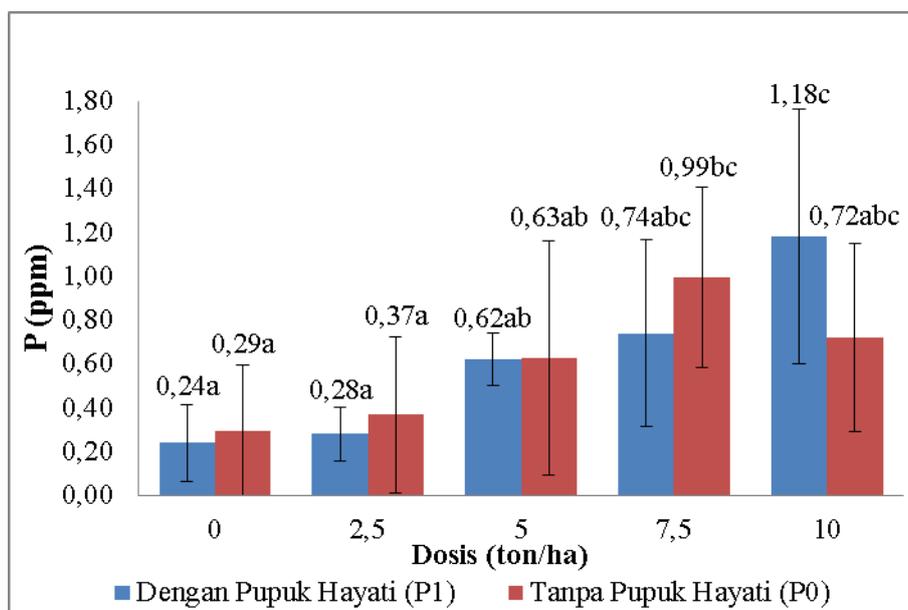
Perlakuan tanpa pupuk hayati (P0) sebagian mengalami kenaikan nilai N dikarenakan tidak terdapat penambahan bakteri penambat N sehingga pemberian N organik melalui pupuk organik menjadi lebih optimal, dikarenakan tidak terjadi kompetisi yang besar dalam pengambilan  $NH_4^+$  dan  $NO_3^-$  oleh mikroorganisme di

dalam tanah dan oleh bakteri pembawa dari pupuk hayati. Perlakuan yang paling efektif untuk menambah nilai N tanah yaitu pada perlakuan dengan pupuk hayati cair dan dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P1D4) karena efektif dapat menambah nilai N tanah sebesar 47,87 % dari perlakuan kontrol, dan pada dosis tersebut pemberian N organiknya mampu memenuhi kebutuhan mikroorganisme untuk immobilisasi. Hal tersebut sejalan dengan Patti *et al.* (2013) yaitu pemberian bahan organik pada tanah dapat digunakan mikroorganisme sebagai sumber energi dan sumber makanan.

### Fosfor (P) Tanah

Pengaplikasian dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan pada tanah sawah terdegradasi di Desa Sucopangepok memberikan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan P tanah pada tanah tersebut (Gambar 3).

Nilai P tanah sebelum diberikan perlakuan pupuk yaitu 0,19 ppm dan setelah diberikan perlakuan pupuk nilai P tanah mengalami kenaikan pada semua perlakuan. Kenaikan paling besar terdapat pada perlakuan dengan pupuk hayati cair dan dosis pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam dan limbah ikan 10 ton/ha (P1D4), nilai P pada perlakuan ini naik menjadi tiga kali lipat nilai P pada perlakuan kontrol (P0D0). Pupuk organik yang mengandung unsur P setelah diaplikasikan pada tanah dapat dengan cepat larut dan meningkatkan



Gambar 3. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap Fosfor tanah beserta uji lanjut DMRT

Figure 3. The result of interaction factor treatment of soil Phosphor with DMRT further test

kandungan P dalam tanah (Nurhidayati 2016).

Penanaman padi pada musim hujan dapat mempengaruhi ketersediaan unsur hara P, karena curah hujan yang tinggi mampu menambah ketersediaan unsur hara P pada tanah. Penggenangan air hujan juga dapat meningkatkan ketersediaan unsur P karena mampu mereduksi feri fosfat menjadi fero fosfat, hidrolisis aluminium fosfat, dan peningkatan kelarutan kalsium fosfat (Setiawati 2014). Pemberian pupuk organik secara nyata dapat meningkatkan kandungan P tersedia pada tanah alfisol yang artinya pupuk organik yang diberikan mampu berperan sebagai sumber P organik. Mineralisasi P organik oleh mikroba pelarut P melalui aktivitas enzim fosfatase dan fitase dapat meningkatkan P tersedia tanah (Munawar 2011).

Menurut Winarso (2005) pemberian pupuk dengan cara dibenamkan pada penanaman padi sawah lebih menguntungkan atau lebih efisien daripada dengan cara pemberian pupuk yang disebar, hal tersebut dapat terjadi karena dengan cara dibenamkan atau ditugal pupuk akan bertahan lebih lama di dalam tanah, sehingga lebih banyak unsur hara yang tersedia dan dapat diserap oleh padi. Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini, yaitu nilai unsur P pada tanah setelah diberikan perlakuan pupuk organik dengan cara ditugal menjadi sangat meningkat. Peningkatan tersebut sesuai dengan dosis pupuk organik yang diberikan, semakin besar dosis pupuk organik maka semakin besar pula penambahan nilai P pada tanah.

**Kalium (K) Tanah**

Pengaplikasian pupuk hayati cair dengan pupuk organik yang berasal dari kombinasi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan pada tanah sawah terdegradasi di Desa Sucopangepok tidak memberikan pengaruh nyata

terhadap nilai K tanah pada tanah tersebut (Gambar 4).

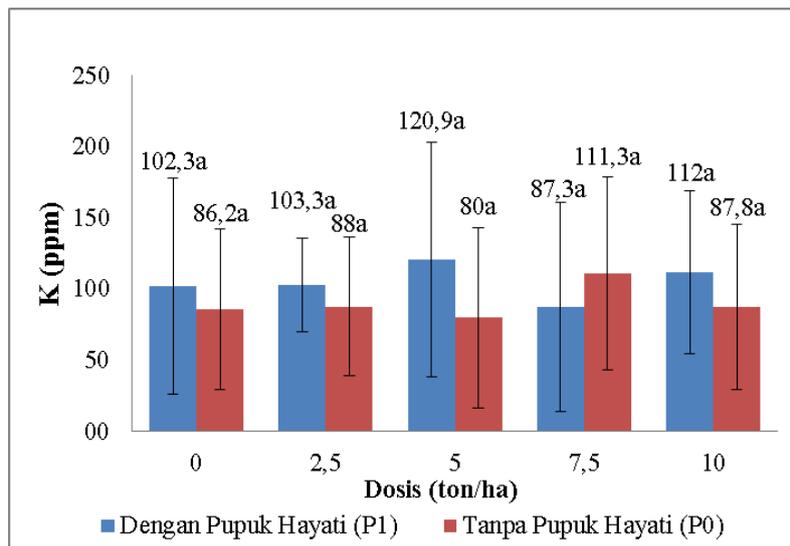
Nilai K tanah sebelum diberikan perlakuan pupuk yaitu 468 ppm dan setelah diberikan perlakuan pupuk nilai K tanah mengalami penurunan pada semua perlakuan. Menurut Winarso (2005) tanah-tanah tropik bisa memiliki kandungan K yang sangat rendah, hal tersebut dapat dikarenakan bahan induknya yang miskin unsur K serta curah hujan dan temperatur yang tinggi. Kedua faktor tersebut dapat mempercepat proses pelepasan atau pelapukan mineral dan pencucian K tanah.

Kehilangan K dari dalam tanah dapat disebabkan karena terserap oleh tanaman dan pencucian yang berlangsung secara kontinu (Nurhidayati 2016). Setiap tanah memiliki kemampuan potensial fiksasi K tanah, ada beberapa K yang difiksasi secara bertahap tetapi dapat dilepaskan dengan sangat lambat untuk tanaman dengan level produksi yang tinggi. Tanah-tanah tertentu memiliki kemampuan untuk fiksasi K yang cukup nyata, sehingga sering kali tidak adanya respon pemupukan K terhadap pertumbuhan tanaman atau ketersediaan K di dalam tanah. Bentuk K yang terfiksasi ini tidak dapat terdeteksi sebagai K tersedia ketika tanah dianalisis, sehingga menyebabkan nilai K tanah menjadi rendah dan tanah yang digunakan dalam penanaman padi ini adalah tanah yang telah mengalami degradasi.

**C-Organik Tanah**

Pengaplikasian pupuk hayati cair dan pupuk organik pada tanah sawah terdegradasi di Desa Sucopangepok memberikan pengaruh nyata dan pengaruh sangat nyata terhadap kandungan C-organik tanah pada tanah sawah tersebut (Gambar 5).

Penurunan nilai C-Organik dapat disebabkan karena adanya penggunaan karbon sebagai sumber energi ataupun



Gambar 4. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap Kalium tanah beserta uji lanjut DMRT

Figure 4. The result of interaction factor treatment of soil Potassium with DMRT further test

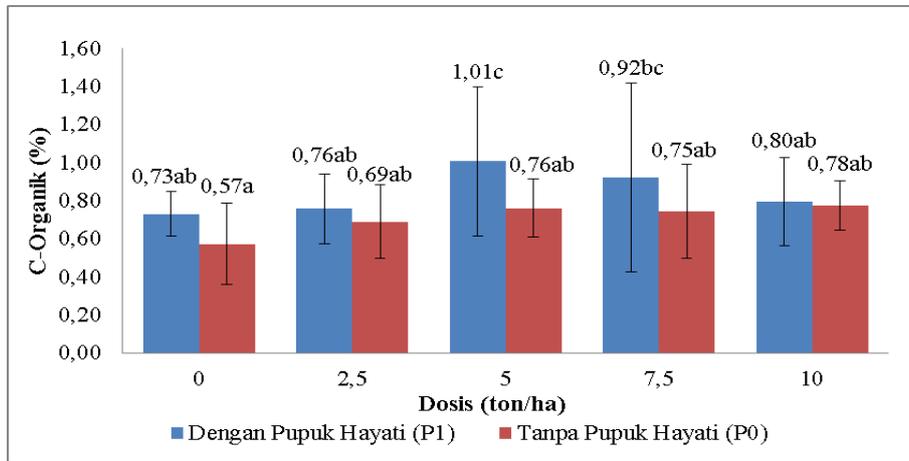
hilang dalam bentuk CO<sub>2</sub> sehingga kandungan karbon semakin berkurang (Pratiwi *et al.* 2013). Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan dapat menyebabkan nilai C-Organik menurun dari analisis pendahuluan yang bernilai 1,33 %. Perlakuan kontrol (P0D0) yang tidak diberikan pupuk organik dan juga pupuk hayati juga menunjukkan nilai yang paling rendah diantara perlakuan lainnya. Perbedaan nilai C-Organik dapat terjadi karena laju penurunan C-Organik berbeda-beda. Perubahan nilai C-Organik ini menunjukkan adanya aktivitas dekomposisi bahan organik oleh mikroorganisme tanah (Damayanti *et al.* 2017).

Pemberian pupuk organik dan pupuk hayati dapat menurunkan kadar C-Organik tanah seiring dengan waktu proses pengomposan. Kandungan C-Organik tanah dapat menurun karena bakteri yang ada menguraikan bahan-bahan organik. Unsur karbon atau bahan organik dalam

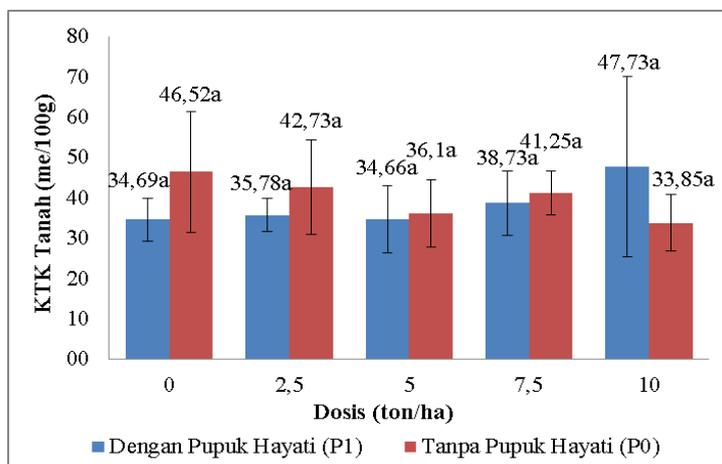
bentuk karbohidrat dan unsur nitrogen dalam bentuk protein, asam nitrat, amoniak merupakan makanan pokok bagi bakteri anaerobik. Unsur karbon digunakan sebagai sumber energi dan unsur nitrogen untuk membangun struktur sel dan bakteri. Bakteri dapat memakan habis unsur karbon tiga puluh kali lebih cepat dari memakan unsur nitrogen (Juwarningsih *et al.* 2019). Penurunan bahan organik pada lahan terdegradasi dapat disebabkan oleh tingginya curah hujan, karena bahan organik menumpuk pada lapisan bawah tanah. Keberadaan bahan organik pada lapisan bawah tanah diakibatkan karena adanya pengolahan tanah, pengangkutan oleh organisme tanah dan pencucian bahan organik karena air hujan (Muksin dan Anasaga 2021).

**Kapasitas Tukar Kation (KTK) Tanah**

Pengaplikasian pupuk hayati cair dengan pupuk organik pada tanah sawah terdegradasi di Desa



Gambar 5. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap C-organik tanah beserta uji lanjut DMRT  
 Figure 5. The result of interaction factor treatment of soil C-Organic with DMRT further test



Gambar 6. Hasil interaksi faktor perlakuan terhadap KTK tanah beserta uji lanjut DMRT  
 Figure 6. The result of interaction factor treatment of soil KTK with DMRT further test

Sucopangepok tidak memberikan pengaruh nyata terhadap nilai KTK tanah pada tanah tersebut (Gambar 6).

Nilai KTK tanah sebelum diberikan perlakuan pupuk yaitu 17,48 me/100g dengan harkat sedang, setelah diberikan perlakuan pupuk organik dan pupuk hayati nilai KTK tanah mengalami kenaikan pada semua perlakuan. Kenaikan nilai KTK tanah pada penelitian ini sejalan dengan pernyataan Fadhli (2021) yaitu pemberian berbagai jenis pupuk organik mampu meningkatkan nilai KTK tanah dari harkat sedang menjadi harkat tinggi. Menurut Walida *et al.* (2020) menyatakan bahwa pemberian bahan organik walaupun dengan dosis rendah akan mempengaruhi nilai KTK tanah, sehingga semakin banyak bahan organik yang diberikan pada tanah maka semakin tinggi pula nilai KTK tanahnya.

Berdasarkan uji lanjut DMRT pada KTK tanah, nilai KTK tanah berbeda tidak nyata antar perlakuan satu dengan yang lainnya, tetapi tertinggi yaitu pada perlakuan dengan pemberian pupuk hayati dan dosis pupuk organik 10 ton/ha (PID4). Nilai tertinggi selanjutnya yaitu justru perlakuan kontrol atau perlakuan tanpa pemberian pupuk, hal tersebut dapat disebabkan karena perlakuan kontrol mendapatkan pengaruh dari perlakuan lain yang ada disekitarnya. Pengaruh dari perlakuan lain yang dimaksud adalah kontaminasi antar perlakuan akibat curah hujan yang tinggi dan kondisi sawah yang selalu tergenang air. Pemberian pupuk hayati dan pupuk organik dengan dosis paling tinggi dari penelitian ini efektif menaikkan nilai KTK tanah 2,6% dari perlakuan kontrol, dan semua perlakuan telah berhasil menaikkan nilai KTK tanah dari nilai awal KTK tanah. Kenaikan nilai KTK tanah ini dapat terjadi karena bahan organik memiliki muatan negatif dan dapat mempertukarkan kation dalam tanah (Sumantri dan Ardian 2017).

## Kesimpulan

Perlakuan pemberian pupuk hayati cair dan pupuk organik dengan komposisi biochar, kotoran ayam, dan limbah ikan hingga 10 ton/ha pada lahan terdegradasi di Desa Sucopangepok Kabupaten Jember belum efektif merestorasi kondisi terdegradasi berdasarkan variabel kimia tanah seperti ditunjukkan dalam menurunkan pH tanah agak alkalin serta menaikkan kadar K-tersedia atau dapat ditukar dan kadar C-organik tanah yang statusnya rendah hingga sangat rendah. Perlakuan tersebut juga kurang efektif dalam meningkatkan KTK tanah. Akan tetapi penambahan pupuk hayati dan pupuk organik tersebut cukup efektif menaikkan N-Total tanah khususnya penambahan 5 ton/ha dan efektif menaikkan kadar P-

tersedia pada penambahan 7,5 ton/ha untuk yang tidak diberi pupuk hayati dan 10 ton/ha untuk yang diberi pupuk hayati. Pola kenaikan N-Total dan P-tersedia tanah yaitu cenderung meningkat terus hingga penambahan 10 ton/ha pada tanah yang diberi pupuk hayati sedangkan yang tidak diberi pupuk hayati meningkat lebih tinggi akan tetapi menurun lagi saat penambahan 5 ton/ha. Berdasarkan atas perlakuan dan respon perlakuan pada tanah terdegradasi dengan status tidak subur ini maka disarankan untuk mempertahankan upaya pemberian pupuk organik tersebut dalam usahatannya secara berlanjut atau berkesinambungan sehingga dicapai kondisi subur dan stabil.

## Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini sepenuhnya dibiayai oleh LPDP tahun 2021. Terima kasih dan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada Ismi dan Sheila atas bantuannya selama kegiatan penelitian, dosen pembimbing, tim riset kesuburan, teknisi, dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-satu karena telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Astari K, Yuniarti A, Sofyan ET, Setiawati MR. 2016. Pengaruh kombinasi pupuk N, P, K dan vermikompos terhadap kandungan C-organik, N total, C/N dan hasil kedelai. *Jurnal Agroekoteknologi*. 8(2):95–103.
- Asyiah IN, Prihatin J, Hastuti AD, Winarso S, Widjyanthi L, Nugroho D, Firmansyah K, Pradana AP. 2021. Cost-effective bacteria-based bionematicide formula to control root-knot nematode *Meloidogyne* spp. in tomato plants. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*. 22(6):3256–3264.
- Cha JS, Park SH, Jung SC, Ryu C, Jeon JK, Shin MC, Park YK. 2016. Production and utilization of biochar: a review. *Elsevier*. 40(1):1–15.
- Damayanti V, Oktawan W, Sutrisno E. 2017. Pengaruh penambahan limbah sayuran terhadap kandungan C-organik dan Nitrogen total dalam vermikomposting limbah rumen dari sapi rumah potong hewan (RPH). *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(1):1–14.
- Fadhli R. 2021. Perubahan sifat kimia tanah sawah di Kabupaten Bener Meriah oleh pemberian kompos tithonia dan jerami padi. *Jurnal Real Riset*. 3(1):61–68.
- Juwarningsih EHA, Lussy ND, Pandjaitan CTB. 2019. Uji kimiawi dan biologi pupuk organik cair plus dari limbah bahan organik. *Partner: Jurnal Politanikoe*. 2(1):1020–1032.
- Maliangkay D. 2018. PKM pengelolaan lahan pertanian hortikultura dalam rangka konservasi lahan untuk

- meningkatkan hasil pertanian. *Daya Sains: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(2):28–38.
- Muksin, Anasaga AJP. 2021. Hubungan populasi cacing tanah terhadap c-organik dan n-total di lahan budidaya hortikultura dan monokultur tanaman kopi di Desa Nduaria. *Journal of Sustainable Dryland Agriculture*. 14(1):32–46.
- Munawar A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Bogor: IPB Press.
- Nurhidayati. 2016. *Kesuburan dan Kesehatan Tanah: Suatu Pengantar Penilaian Kualitas Tanah Menuju Pertanian Berkelanjutan*. Malang: Intimedia.
- Patti PS, Kaya E, Silahooy C. 2013. Analisis status Nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimitai, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia: Jurnal Ilmu Budaya Tanaman*. 2(1):51–58.
- Pratiwi IGAP, Atmaja IWD, Soniari NN. 2013. Analisis kualitas kompos limbah persawahan dengan mol sebagai dekomposer. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2(4):195–203.
- Rosmaiti, Murdhiani, Pariyem. 2019. Pemanfaatan biochar dan limbah ikan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* L). *Jupas: Jurnal Penelitian Agrosamudra*. 6(1):32–43.
- Safitri IN, Setiawati TC, Adibowo C. 2018. Biochar dan kompos untuk peningkatan sifat fisika tanah dan efisiensi penggunaan air. *Techno: Jurnal Penelitian*. 7(1):116–127.
- Salikin KA. 2003. *Sistem Pertanian Berkelanjutan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Sasmita A, Syakinah A, Nisa U. 2021. Pengaruh penambahan biochar terhadap penurunan kadar total petroleum hydrocarbon (TPH) pada tanah tercemar minyak bumi. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 8(2):407–414.
- Setiawati MR. 2014. Peningkatan kandungan N dan P tanah serta hasil padi sawah akibat aplikasi *Azolla pinnata* dan pupuk hayati *Azotobacter chroococcum* dan *Pseudomonas cepaceae*. *Agrologia: Jurnal Ilmu Budidaya Tanaman*. 3(1):28–36.
- Subandi M. (2012). The effect of fertilizers on the growth and the yield of ramie (*Boehmeria Nivea* L. Gaud). *Asian Journal Of Agriculture And Rural Development*. 2(2):126–135.
- Sumantri NE, Ardian. 2017. Pengaruh pemberian pupuk kascing dan hayati mikoriza terhadap sifat kimia tanah dan hasil tanaman jagung manis (*Zea Mays Saccharata Sturt*). *JOM Faperta*. 4(1):1–12.
- Tarigan B, Sinarta E, Guchi H, Masbun P. 2015. Evaluasi status bahan organik dan sifat tanah (*bulk density*, *tekstur*, *suhu tanah*) pada lahan tanaman kopi (*Coffea* sp.) di Beberapa Kecamatan Kabupaten Dairi. *Jurnal Agroekoteknologi*. 3(1):246–256.
- Walida H, Harahap DE, Zuhirsyan M. 2020. Pemberian pupuk kotoran ayam dalam upaya rehabilitasi tanah ultisol Desa Janji yang terdegradasi. *Journal Agrica Ekstensia*. 14(1):75–80.
- Wang J, Wang S. 2019. Preparation, modification and environmental application of biochar: a review. *Elvesier*. 227(1):1002–1022.
- Winarso S. 2005. *Kesuburan Tanah Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah*. Yogyakarta: Gava Media
- Yuliarti N, Patanga A. 2016. *Pembuatan, Aplikasi, dan Bisnis Pupuk Organik dari Limbah Pertanian, Peternakan, dan Rumah Tangga*. Jakarta: Gramedia.