

Perbaikan Sifat Tanah dan Hasil Kedelai (*Glycine max*) dengan Pemberian Amelioran Biochar dan Pupuk Kandang di Lahan Sawah Tadah Hujan

Improvement of Soil Properties and Soybean Yield (Glycine max) through Amelioration with Biochar and Manure in Rainfed Paddy Field

Setiari Marwanto*, Ratri Ariani, Umi Haryati, Irawan

Balai Penelitian Tanah, Jalan Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16124, Jawa Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 2 Februari 2021
Disetujui: 14 Maret 2021
Dipublikasi online: 17 Maret 2021

Kata Kunci:

Biochar
Pupuk kandang
Sawah tadah hujan
Sifat tanah
Hasil kedelai

Keywords:

Biochar
Manure
Rainfed paddy field
Soil properties
Soybean yield

Direview oleh:

Antonius Kasno,
Anicetus Wihardjaka

Abstrak. Lahan sawah tadah hujan menjadi salah satu alternatif dalam budidaya kedelai, namun hasil kedelai pada lahan sawah tadah hujan relatif rendah, salah satu penyebabnya diperkirakan adalah rendahnya kesuburan tanah. Perbaikan produktivitas tanah dan tanaman dapat dilakukan dengan pemberian bahan amelioran, antara lain arang biomassa (biochar) dan pupuk kandang (Pukan). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian amelioran biochar dan Pukan terhadap sifat fisikokimia tanah dan hasil kedelai di lahan sawah tadah hujan. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur pada dua musim tanam, tahun 2018 dan 2019 dengan perlakuan berupa: pupuk dosis petani (P1); pupuk dosis rekomendasi (P2); P1 + Pukan 10 t ha⁻¹ (P3); P1 + biochar 10 t ha⁻¹ (P4); dan P1 + Pukan 5 t ha⁻¹ + biochar 5 t ha⁻¹ (P5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan biochar 10 t ha⁻¹ dapat menurunkan bobot isi tanah, meningkatkan kandungan air tersedia, meningkatkan pH tanah, dan meningkatkan kandungan K dapat ditukar. Penambahan Pukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap sifat tanah, namun meningkatkan hasil kedelai. Penambahan biochar dan Pukan (P3, P4, P5) memberikan hasil biji dan brangkas kedelai lebih tinggi 18-21% dibandingkan budidaya cara petani (P1). Hasil penelitian ini menegaskan kembali pentingnya penggunaan biochar dan Pukan dalam pengembangan komoditas kedelai di lahan sawah tadah hujan.

Abstract. Rainfed paddy field is one of the alternative lands for soybean cultivation, but soybean yield is relatively low, seemingly due to low soil fertility. Soil and plant productivity could be improved by amelioration such as by using biochar and manure. This study aims to investigate the effects of biochar and manure on soil physicochemical characteristics and the yield of soybean in rainfed paddy field. This study was carried out in Tulungagung District, East Java Province, in two consecutive growing seasons of 2018 and 2019 with five treatments as follow: farmers' fertilizer dosage (P1); recommended fertilizer dosage (P2); P1 + manure 10 t ha⁻¹ (P3), P1 + biochar 10 t ha⁻¹ (P4); and P1 + manure 5 t ha⁻¹ + biochar 5 t ha⁻¹ (P5). The results showed that the application of 10 t ha⁻¹ biochar in association with farmer's practice decreased soil bulk density, increased soil available water, increased pH, and increased exchangeable K. Manure application did not significantly improve soil properties, but increased soybean yield. Biochar and manure application (P3, P4, P5) increased grain and biomass yields of soybean 18-21% higher than those of farmers' practice without soil ameliorant (P1). This study reemphasizes the importance of biochar and manure for soybeans production in rainfed paddy field.

Pendahuluan

Kedelai merupakan salah satu komoditas pertanian sumber protein nabati yang penting bagi masyarakat Indonesia yang permintaannya terus meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk. Data dari Pusat Data dan Informasi (Pusdatin) Pertanian, Kementerian Pertanian (2016) menyebutkan bahwa konsumsi kacang kedelai perkapita pada periode 2002-2015 tumbuh sekitar 2,15% per tahun dengan rata-rata 7,52 kg kapita⁻¹ tahun⁻¹. Produksi kedelai nasional hanya mampu menyediakan sebagian kecil dari kebutuhan domestik, sisanya lebih dari

80% dipenuhi melalui impor. Faktor utama dari rendahnya produksi kedelai nasional adalah penurunan luas panen akibat alih fungsi lahan pertanian dan persaingan dengan tanaman pokok lain seperti padi dan jagung (Pusdatin Pertanian 2016). Pemenuhan kebutuhan kedelai secara swasembada perlu upaya lebih serius terutama pada aspek pengelolaan lahan.

Lahan yang sesuai untuk budidaya kedelai relatif luas yaitu 16,7 juta hektar (ha) yang tersebar di 17 provinsi dimana 4,9 juta ha diantaranya berupa sawah, termasuk di dalamnya lahan sawah tadah hujan, sedangkan sisanya berupa lahan kering seluas 11,8 juta ha (Mulyani *et al.*

* Corresponding author: setiari.m@pertanian.go.id

2009). Kedelai di lahan sawah tadah hujan umumnya ditanam setelah padi dengan pola tanam padi-kedelai-bera. Seperti lahan pertanian tropis lainnya, lahan sawah tadah hujan di Indonesia memiliki produktivitas rendah yang disebabkan antara lain oleh penurunan kandungan bahan organik, pengurusan hara, dan peningkatan kemasaman tanah (De Meyer *et al.* 2011; Fujii 2014). Tanah di wilayah tropis membutuhkan amelioran seperti biochar dan pupuk kandang yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dan produktivitas tanaman.

Biochar merupakan arang biomassa yang dibuat dalam kondisi minim oksigen sehingga masih memiliki kadar karbon yang tinggi. Biochar dapat mempertahankan kandungan karbon dalam tanah dalam waktu relatif lama karena permukaannya mampu berikatan dengan gugus fungsional organik, bersifat stabil (*recalcitrant*) yang tidak mudah terdekomposisi oleh mikroba dekomposer (Kimetu dan Lehmann 2010; Tang *et al.* 2013). Penambahan biochar dalam tanah mampu memperbaiki kualitas tanah berupa perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi, meningkatkan efisiensi pemupukan, dan meningkatkan produktivitas tanaman baik di wilayah tropis maupun subtropis (Van Zwieten *et al.* 2010; Deenik *et al.* 2011; Bellard *et al.* 2012; Biederman dan Harpole 2013; Jien dan Wang 2013; Nurida 2014; Nurida *et al.* 2015; Hartatik dan Purwani 2017).

Pupuk kandang (Pukan) merupakan kotoran hewan yang telah dimanfaatkan sejak lama oleh petani sebagai sumber bahan organik dalam tanah. Pukan bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi yang telah dilaporkan oleh banyak peneliti (Li *et al.* 2011; Haryati *et al.* 2019; Leip *et al.* 2019). Pemberian Pukan bersamaan dengan sumber pupuk anorganik mampu meningkatkan hasil kedelai (Zamzami *et al.* 2016; Sebayang dan Fatimah 2019).

Penelitian mengenai pengaruh biochar dan Pukan sebagai bahan amelioran tanah telah banyak dilakukan. Namun hasil penelitian skala lapangan di sawah tadah hujan spesifik lokasi selama dua periode tanam berturut-turut masih terbatas. Penelitian ini bermanfaat untuk melihat potensi pengembangan budidaya kedelai di wilayah yang memiliki agroekosistem yang sama. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian amelioran biochar dan pupuk kandang selama dua musim tanam terhadap sifat tanah dan hasil kedelai di lahan sawah tadah hujan.

Bahan dan Metode

Kondisi Umum Daerah Penelitian

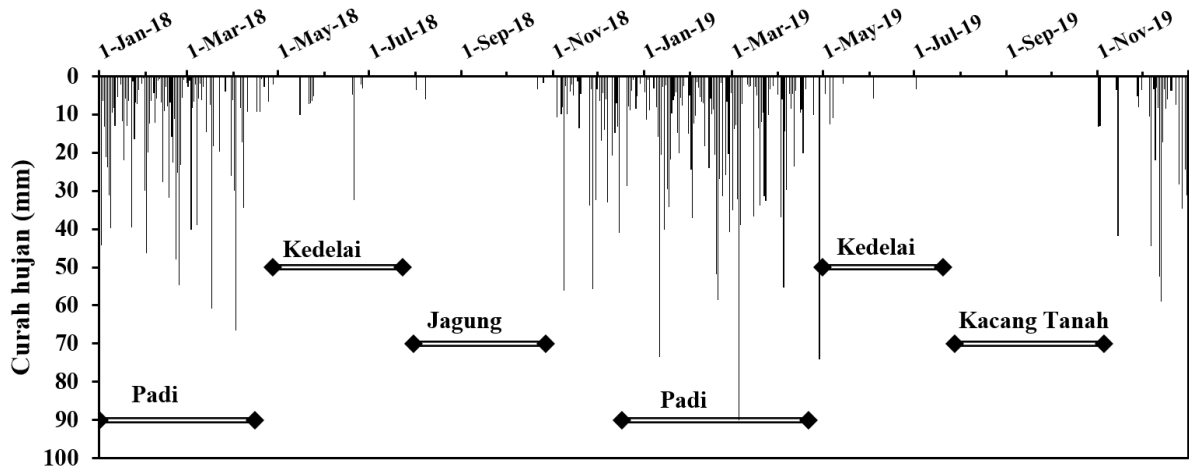
Penelitian dilaksanakan di lahan tadah hujan Dusun Sewaru, Desa Segawe, Kecamatan Pagerwojo, Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur yang terletak pada koordinat 07° 58' LS, 111° 49' BT. Lokasi penelitian merupakan daerah pegunungan dengan ketinggian 400 m dpl. Penggunaan lahan berupa sawah tadah hujan berteras dengan kemiringan 25% dan panjang lereng sekitar 150 m dengan orientasi arah barat-timur. Penelitian ini dilakukan pada petak-petak yang terletak di lereng tengah pada tiga baris teras. Selain tanaman semusim, di lokasi penelitian juga banyak dijumpai rumput pakan dan tanaman tahunan (jati, albisia, dan cengkih). Tanah di lokasi penelitian diklasifikasikan sebagai *Typic Dystrudepts* (BBSDLP 2017).

Data curah hujan (CH) harian diolah dari data GPM (*Global Precipitation Measurement*) dan TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) menggunakan prinsip deteksi awan melalui kombinasi gelombang pendek-infra merah dan dikalibrasi dengan data CH aktual yang diukur secara manual di daratan. Dengan menggunakan metode ini, diketahui bahwa rata-rata jumlah CH tahunan berdasarkan data pengukuran dua tahun (1 Januari 2018-31 Desember 2019) di lokasi penelitian sebesar 1.975 mm tahun⁻¹.

Padi ditanam sekali dalam satu tahun, tepatnya di musim penghujan, dilanjutkan dengan jagung atau kacang tanah. Setelah kelembaban tanah berkurang akibat musim kemarau, tanah dibiarkan bera. Sejak tahun 2017 dibangun saluran irigasi di lereng bagian atas untuk meningkatkan produktivitas lahan dengan cara mencukupi kebutuhan air bagi tanaman pada musim kemarau. Mulai tahun 2018, periode bera dapat dimanfaatkan untuk bercocok tanam sehingga pola tanam di lokasi penelitian berubah menjadi padi-kedelai-jagung dan padi-kedelai-kacang tanah (Gambar 1).

Sifat Kimia Tanah, Biochar, dan Pukan

Tanah memiliki pH dan kandungan karbon (C) yang lebih rendah dibandingkan biochar dan Pukan (Tabel 1). Namun demikian, tanah memiliki kandungan hara yang lebih tinggi dibandingkan biochar, meskipun masih lebih rendah jika dibandingkan dengan Pukan. Kelas tekstur tanah di lokasi penelitian didominasi liat (*clay*) dan sebagian lainnya lempung berliat (*clay loam*) hingga lempung liat berdebu (*silty clay loam*) (Gambar 2).

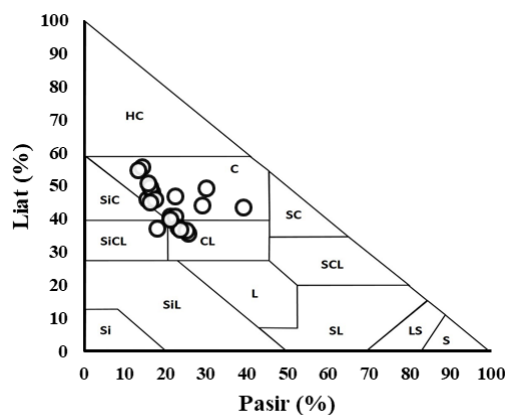


Gambar 1. Curah hujan harian dan pola tanam periode 1 Januari 2018 hingga 31 Desember 2019 di lokasi penelitian
 Figure 1. Daily rainfall and cropping pattern at the period of 1 January 2018 to 31 December 2019 in the study site

Tabel 1. Sifat kimia tanah, biochar, dan Pukan yang digunakan dalam penelitian ini

Table 1. Chemical characteristic of soil, biochar, and manure which used in this study

Analisis	Tanah	Biochar	Pukan
pH H ₂ O	5,2	8,2	7,4
pH KCl	4,4	7,5	6,4
C (%)	2,5	68,7	23,4
N (%)	0,19	0,8	2,5
C/N	14,0	88,1	9,0
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	64,0	1,1	1,4
K ₂ O (mg 100 g ⁻¹)	3,3	0,3	0,9
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	8,8	5,3	12,4
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,2	3,9	12,8
K ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,1	19,0	36,4
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,2	11,1	28,1
KTK (cmol _c kg ⁻¹)	20,6	26,5	27,4



Gambar 2. Tekstur tanah di lokasi penelitian (n=30). S=pasir, LS=pasir berlempung, SL=lempung berpasir, L=lempung, SCL=lempung liat berpasir, CL=lempung berliat, SC=liat berpasir, C=liat, HC=liat tinggi, SiC=liat berdebu, SiCL=lempung liat berdebu, SiL=lempung berdebu, Si=debu

Figure 2. The texture of soil in study site (n=30). S=sand, LS=loamy sand, SL=sandy loam, L=loam, SCL=sandy clay loam, CL=clay loam, SC=sandy clay, C=clay, HC, heavy clay, SiC=silty clay, SiCL=silty clay loam, SiL=silt loam, Si=silt

Rancangan Percobaan

Percobaan dirancang dengan Rancangan Acak Kelompok (*Randomized Block Design*) dengan empat ulangan dan lima perlakuan sebagai berikut:

- P1 : Pemupukan dosis petani
- P2 : Pemupukan dosis rekomendasi
- P3 : P1 + Pukan 10 t ha⁻¹
- P4 : P1 + biochar sekam padi 10 t ha⁻¹
- P5 : P1 + Pukan 5 t ha⁻¹ + biochar sekam padi 5 t ha⁻¹

Pemupukan dosis petani adalah pemberian pupuk majemuk Phonska 100 kg ha⁻¹ + urea 50 kg ha⁻¹, dimana pupuk Phonska mengandung N (15%), P₂O₅ (15%), K₂O (15%), dan urea mengandung 46% N. Pemupukan dosis rekomendasi adalah pemberian pupuk N, P, dan K yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dan status hara tanah setempat berdasarkan hasil analisis dengan PUTK (perangkat uji tanah untuk lahan kering) yaitu Phonska 240 kg ha⁻¹ + KCl 40 kg ha⁻¹ dimana pupuk KCl mengandung 60% K₂O. Amelioran yang digunakan berupa pupuk kandang (Pukan) dan biochar sekam padi yang diperoleh dari bahan baku lokal.

Budidaya jagung dan padi yang dilakukan sebelum pelaksanaan penelitian (Gambar 1) diasumsikan tidak mempengaruhi perlakuan baik pada MT 2018 maupun MT 2019. Varietas kedelai Dering 1 ditanam pada MT 2018 dan Devon 1 pada MT 2019 pada lubang tanam yang dibuat dengan cara ditugal. Jarak lubang tanam kedelai adalah 20 cm x 30 cm dengan dua benih per lubang tanam. Dering 1 dan Devon 1 adalah benih unggul bersertifikat hasil pemuliaan benih Badan Litbang Pertanian dengan potensi hasil lebih dari 2,8 t ha⁻¹ biji kering kedelai. Varietas Dering 1 lebih tahan cekaman kekeringan dibandingkan Devon 1 (<http://www.litbang.pertanian.go.id/varietas>).

Percobaan dilakukan di lereng tengah pada tiga baris teras dengan lebar teras rata-rata 7 m dengan panjang baris 30 m. Sebanyak 20 petak percobaan ditempatkan pada tiga baris teras yaitu teras atas (6 petak), teras tengah (6 petak), dan teras bawah (8 petak). Masing-masing petak dibatasi dengan tanaman pembatas dan pematang teras dengan ukuran petak bervariasi menyesuaikan bentuk teras di lapangan, yaitu antara 28-56 m². Bibir dan tampingan teras ditumbuhi rumput lokal sebagai tanaman penguat teras.

Persiapan dan Pemeliharaan

Penyiapan lahan dilakukan dengan cara membuat saluran air khusus dari teras atas ke teras bawah untuk meminimalkan pengaruh erosi dan air limpasan

permukaan terhadap petak perlakuan. Amelioran dan pupuk ditabur ke permukaan tanah secara merata dan dicampurkan dengan tanah lapisan permukaan (*topsoil*) sedalam 5 cm (*incorporation*) secara manual menggunakan cangkul. Bahan amelioran Pukan diperoleh dari petani sekitar yang memelihara sapi, sedangkan biochar diperoleh dari sekam padi hasil panen petani sekitar yang diarangkan pada kondisi oksigen terbatas dengan memakai metoda *kontiki*. Amelioran dan pupuk anorganik hanya diberikan sekali dan tidak ada penambahan lainnya hingga panen. Penyiangan dilakukan pada umur tanaman 28 dan 57 hari setelah tanam (HST).

Variabel yang Diamati

Variabel yang diamati meliputi sifat fisik dan kimia tanah serta pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Pengambilan contoh tanah dilakukan sebelum pemberian perlakuan dan sesudah panen kedelai baik pada MT 2018 maupun MT 2019. Contoh tanah utuh (*undisturbed soil samples*) diambil untuk keperluan analisis sifat fisik tanah berupa bobot isi (*bulk density*), porositas, kurva pF, air tersedia, dan permeabilitas, sedangkan contoh tanah terusik (*disturbed soil samples*) diambil secara komposit pada kedalaman 0-20 cm dari 5 titik yang berbeda untuk keperluan analisis kimia tanah berupa pH H₂O (rasio 1:5), C-organik (Walkley and Black), N-total (Kjeldahl), P₂O₅ dan K₂O total (pengekstrak HCl 25%), P₂O₅ tersedia (pengekstrak Bray 1), Ca, Mg, K, Na, KTK (pengekstrak NH₄OAc 1N pH 7), Al dan H terekstrak (pengekstrak KCl 1N).

Pengamatan agronomis tinggi tanaman dilakukan pada 28, 57, dan 80 HST, dari 10 tanaman perwakilan setiap petak ulangan. Pengamatan komponen hasil meliputi brangkasan, polong, dan biji, baik berat basah maupun berat kering dengan cara ubinan seluas 2 x 2 m setiap petak ulangan.

Analisis Data

Pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati dianalisis secara statistik dengan analisis ragam (ANOVA), sementara beda nyata antar perlakuan ditetapkan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji 5 %.

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Amelioran Terhadap Sifat Kimia Tanah

Introduksi teknologi berupa pemupukan dosis rekomendasi (P2) dan penambahan amelioran (P3, P4, dan P5) tidak berpengaruh terhadap sebagian besar sifat kimia

tanah (Tabel 2). Pemberian Pukan baik dosis 5 maupun 10 t ha⁻¹ tidak berpengaruh terhadap peningkatan sifat kimia tanah. Pemberian Pukan belum dapat meningkatkan pH tanah karena jumlah kation pada Pukan masih belum mempengaruhi reaksi dalam tanah (Biederman dan Harpole 2013). Pemberian Pukan tidak berpengaruh terhadap kandungan hara dalam tanah karena Pukan mudah terdekomposisi saat diberikan ke dalam tanah serta mudah hilang terbawa aliran air (Kimetu dan Lehmann 2010; Jien dan Wang 2013; Tang *et al.* 2013). Perlakuan hara pada Pukan dimungkinkan lebih mudah tercuci pada tanah yang memiliki lempung berliat dan lempung liat berdebu (Rees *et al.* 2020; Khalil *et al.* 2015).

Perubahan sifat kimia tanah hanya terjadi pada perlakuan pemberian biochar (P4) berupa peningkatan pH

aktual dan kandungan K⁺ (Gambar 3). Penambahan biochar 10 t ha⁻¹ mengakibatkan peningkatan pH aktual (5,38±0,18) lebih tinggi dibandingkan perlakuan petani (P1). Biochar dapat meningkatkan pH tanah karena menyumbang kation ke permukaan tanah (Biederman dan Harpole 2013; Cornelissen *et al.* 2018). Biochar juga memiliki kapasitas menetralkan kemasaman tanah yang tinggi (*acid neutralizing capacity*) yang efektifitasnya mirip dengan efek pemberian kapur pada tanah (Mankasingh *et al.* 2011; Jien dan Wang 2013; Nurida *et al.* 2013; Martinsen *et al.* 2015; Cornelissen *et al.* 2018)

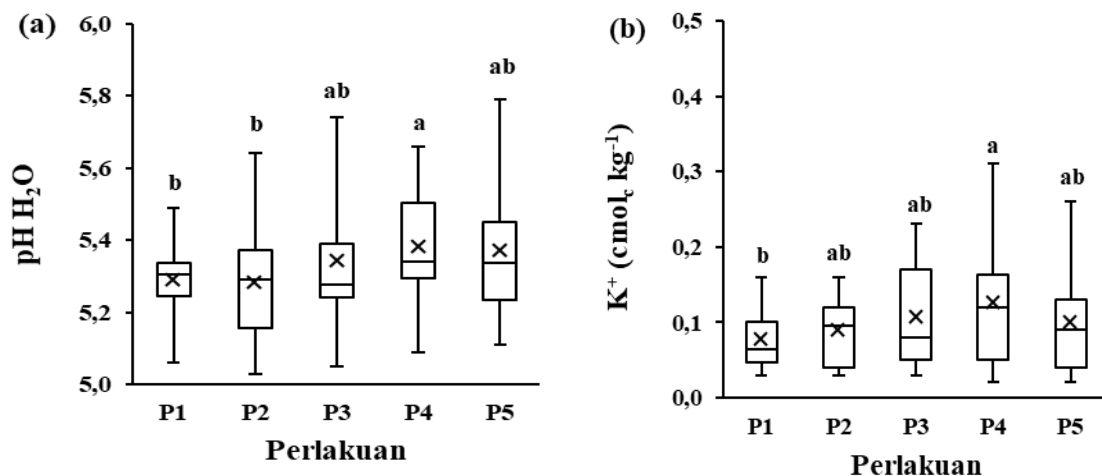
Kandungan K⁺ pada P4 (0,13±0,09 cmol_c kg⁻¹) lebih tinggi dan berbeda nyata terhadap P1 (0,08±0,04 cmol_c kg⁻¹) (Gambar 3). Kandungan K⁺ yang tinggi pada biochar akan mempengaruhi peningkatan jumlah K⁺ dalam tanah,

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap sifat kimia tanah di lokasi penelitian.

Table 2. Effect of treatments on soil chemical characteristics in the study site

Parameter	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
C (%)	1,46±0,23 (ab)	1,39±0,23 (ab)	1,39±0,23 (b)	1,52±0,27 (a)	1,32±0,21 (ab)
N (%)	0,08±0,02 (a)	0,09±0,02 (a)	0,10±0,05 (a)	0,08±0,02 (a)	0,08±0,02 (a)
C/N	19,29±5,5 (a)	17,00±5,8 (b)	16,64±5,2 (b)	19,06±5,1 (a)	17,63±5,4 (b)
P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹)	67,15±16 (ab)	71,46±20 (ab)	72,80±22 (a)	63,46±20 (b)	68,75±16 (ab)
Ca ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	12,66±6,1 (a)	12,44±6,0 (a)	13,10±6,6 (a)	14,34±8,7 (a)	10,83±5,5 (a)
Mg ²⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	2,53±0,57 (ab)	2,61±0,52 (b)	2,75±0,43 (a)	2,68±0,56 (ab)	2,37±0,74 (ab)
Na ⁺ (cmol _c kg ⁻¹)	0,20±0,09 (a)	0,21±0,10 (a)	0,21±0,10 (a)	0,23±0,13 (a)	0,22±0,08 (a)
KTK (cmol _c kg ⁻¹)	15,35±2,9 (a)	15,57±2,1 (a)	14,90±2,4 (a)	16,35±3,4 (a)	14,52±4,1 (a)

Keterangan: Nilai disajikan dalam format rata-rata±standar deviasi. Angka di dalam tanda kurung yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT



Gambar 3. Box-whiskers plot pengaruh perlakuan terhadap pH H₂O (a) dan K⁺ (b) di lokasi penelitian. Tanda silang (x) menunjukkan nilai rata-rata. Huruf yang berbeda pada bar menunjukkan beda nyata antar perlakuan pada taraf 5% uji DMRT

Figure 3. Box-whiskers plot is showing the effect of treatment to soil pH H₂O (a) and K⁺ (b) in study site. Cross symbol (x) means average value. The different letters above bars are significantly different as tested by the DMRT at 5% level

di dalam jaringan tanaman dan di dalam larutan tanah (Biederman and Harpole 2013, Martinsen *et al.* 2015). K^+ dari dekomposisi bahan organik pada biochar mampu memberikan sumbangan K^+ di dalam tanah dengan cepat (Rajkovich *et al.* 2012). Sementara itu keberadaan biochar di dalam tanah juga dapat bertahan sangat lama karena mengandung bahan organik yang tidak mudah terdekomposisi (Tejada dan Gonzalez 2007; Kimetu dan Lehmann 2010; Tang *et al.* 2013).

Pengaruh Perlakuan Terhadap Sifat Fisika Tanah

Pemberian Pukan 10 t ha⁻¹ mampu meningkatkan retensi air pada pF 2,0 dan 2,54 terhadap perlakuan petani (Tabel 3). Pori drainase lambat (PDL) untuk P3 juga meningkat signifikan terhadap P1 meskipun data

penurunan ruang pori total (RPT) menunjukkan kondisi berkurangnya pori drainase cepat. Li *et al.* (2011) mengkonfirmasi pengaruh Pukan dalam meningkatkan porositas tanah. Namun demikian, penambahan Pukan tersebut tidak berpengaruh pada retensi air pada pF 4,2 sehingga tidak menyebabkan penambahan air tersedia untuk tanaman.

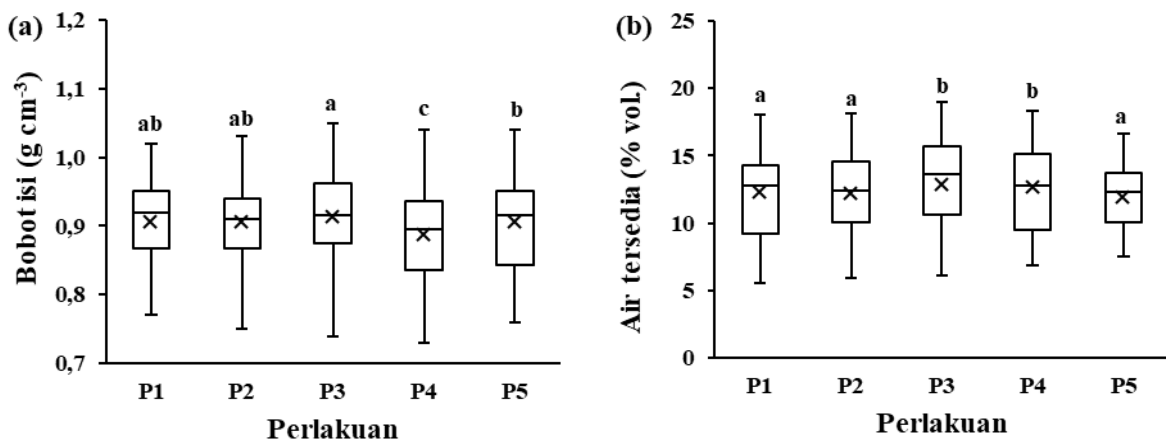
Sebagian besar sifat fisika tanah tidak terpengaruh oleh pemberian biochar kecuali bobot isi dan air tersedia (Tabel 3, Gambar 4). Pemberian biochar 10 t ha⁻¹ menghasilkan bobot isi lebih rendah (0,89±0,08 g cm⁻³) dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan petani dan lainnya (Gambar 4a). Keberadaan biochar secara langsung menurunkan bobot isi tanah, bukan akibat perbaikan struktur maupun agregat tanah. Biochar dikenal memiliki berat jenis lebih

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap sifat fisik tanah di lokasi penelitian

Table 3. Effect of treatment on soil physical characteristics in study site

Parameter	Perlakuan				
	P1	P2	P3	P4	P5
PD (g cm ⁻³)	2,2±0,18 (a)	2,2±0,14 (a)	2,2±0,19 (a)	2,1±0,15 (a)	2,2±0,17 (a)
RPT (% vol)	58,6±2,9 (a)	57,8±2,6 (b)	58,0±3,3 (b)	58,5±3,1 (a)	57,8±2,7 (b)
pF 1,0 (% vol)	53,6±3,5 (a)	52,0±2,3 (b)	52,4±2,9 (b)	51,2±3,4 (c)	52,1±3,1 (b)
pF 2,0 (% vol)	41,7±4,5 (c)	42,4±4,3 (b)	43,2±4,5 (a)	41,9±4,8 (bc)	41,6±4,2 (c)
pF 2,54 (% vol)	37,1±4,7 (b)	37,2±4,6 (a)	37,9±5,1 (a)	37,3±4,5 (b)	36,7±4,1 (b)
pF 4,2 (% vol)	24,9±2,7 (a)	25,0±2,9 (a)	25,0±3,2 (a)	24,7±3,1 (a)	24,8±3,4 (a)
PDC (% vol)	16,9±5,0 (a)	15,4±5,3 (c)	14,9±5,5 (d)	16,6±5,7 (ab)	16,2±4,6 (b)
PDL (% vol)	4,6±1,06 (c)	5,2±1,11 (a)	5,3±1,22 (a)	4,6±1,09 (c)	4,9±1,05 (b)

Keterangan: Nilai disajikan dalam format rata-rata±standar deviasi. Angka di dalam tanda kurung yang diikuti huruf kecil yang berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata pada taraf 5% menurut uji DMRT



Gambar 4. Box-whiskers plot pengaruh perlakuan terhadap bobot isi (a) dan air tersedia (b) di lokasi penelitian. Tanda silang (x) menunjukkan nilai rata-rata. Huruf yang berbeda pada bar menunjukkan beda nyata antar perlakuan pada taraf 5% uji DMRT

Figure 4. Box-whiskers plot is showing the effect of treatment to soil bulk density (a) and available water (b) in study site. Cross symbol (x) means average value. The different letters above bars are significantly different as tested by the DMRT at 5% level

rendah dibandingkan tanah (Blanco-Canqui 2017; Walters dan White 2018;) dan ruang pori tanah pada P4 tidak berbeda nyata dengan P1 (Tabel 3).

Pemberian biochar 10 t ha⁻¹ mampu meningkatkan ketersediaan air untuk tanaman (Gambar 4b). Air tersedia adalah air yang ada di dalam tanah dan mampu diambil perakaran tanaman untuk melangsungkan proses metabolisme tanaman. Air tersedia ini berada pada kondisi kapasitas lapang (pF 2,54) hingga titik layu permanen (pF 4,2). Kemampuan biochar dalam meretensi air terkait dengan porositas dan luas permukaan yang tinggi serta keberadaan gugus organik (Wang *et al.* 2019; Razzaghi *et al.* 2020).

Pengaruh Perlakuan Terhadap Hasil Kedelai

Penambahan amelioran pada perlakuan petani (P3, P4, P5) menghasilkan biji kering (masing-masing 1,43±0,28, 1,37±0,25, 1,41±0,18 t ha⁻¹) dan brangkas kering kedelai (1,22±0,23, 1,21±0,25, 1,28±0,39 t ha⁻¹) lebih tinggi dari pada perlakuan petani tanpa amelioran (1,13±0,21 t ha⁻¹ untuk biji dan 0,91±0,14 t ha⁻¹ untuk brangkas) (Gambar 5).

Penambahan amelioran baik berupa biochar maupun Pukan (P3, P4, P5) dapat meningkatkan produksi biji (18-21%) dan brangkas kedelai (25-29%) dibandingkan perlakuan petani (P1) (Gambar 5). Perlakuan Pukan 10 t ha⁻¹ telah memberikan sumbangan hara dari hasil dekomposisi bahan organik yang diserap oleh tanaman sehingga memberikan hasil kedelai lebih tinggi dari perlakuan petani. Penyerapan ini terbukti sangat efektif

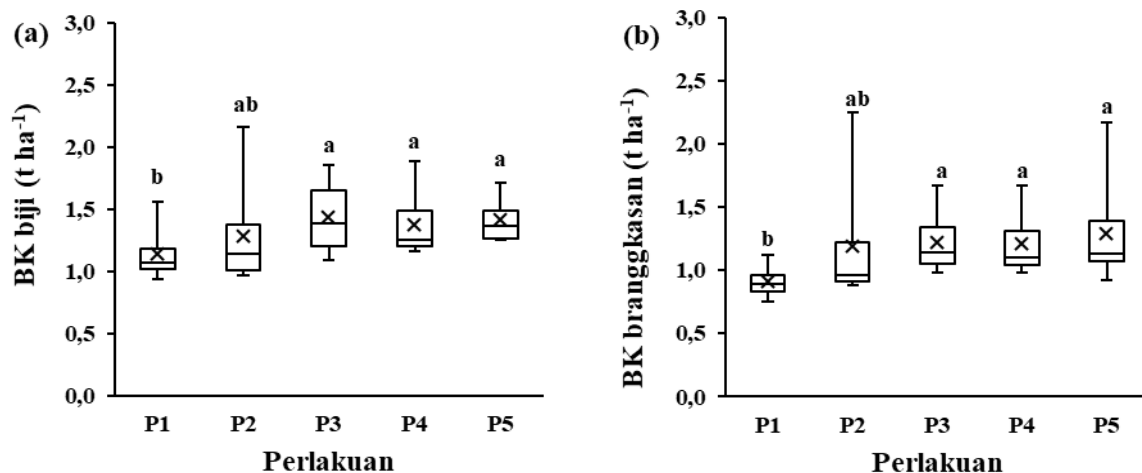
karena tidak meninggalkan residu hara pada tanah (Tabel 2).

Pengaruh Pukan terhadap hasil kedelai ini setara dengan pengaruh pemberian biochar 10 t ha⁻¹ terhadap perbaikan kualitas tanah berupa bobot isi, air tersedia, kandungan K⁺ dan pH pada tanah. Dengan kualitas tanah yang baik, maka penyerapan hara oleh tanaman akan meningkat (Biederman dan Harpole 2013).

Kombinasi Pukan dan biochar pada dosis masing-masing 5 t ha⁻¹ juga memberikan hasil kedelai yang setara dengan P3 dan P4. Hal ini merefleksikan hubungan yang kompleks dalam tanah antara biochar, Pukan, tanah, air, dan hara dalam mendukung pertumbuhan kedelai. Hasil penelitian ini konsisten dengan beberapa penelitian lainnya pada berbagai zona agroekosistem dan jenis tanaman (Atkinson *et al.* 2010; Baronti *et al.* 2010; Major *et al.* 2010; Islami *et al.* 2011; Cornelissen *et al.* 2018).

Pemberian biochar dan Pukan, baik sendiri-sendiri maupun dicampur, meningkatkan ketersediaan air, hara, bahan organik, udara, iklim mikro, dan organisme baik secara langsung maupun tidak langsung dengan mekanisme yang sangat kompleks (Zhu *et al.* 2018). Dengan demikian hasil tanaman kedelai juga merupakan resultante pengaruh faktor lingkungan.

Data pada Gambar 5 memperlihatkan bahwa produktivitas kedelai dari hasil penelitian ini masih lebih rendah daripada rata-rata produktivitas nasional periode 2014-2018 sebesar 1,51 t ha⁻¹ (Kementerian Pertanian 2020). Jika dibandingkan dengan potensi produktivitasnya sebesar ≥2,8 t ha⁻¹ maka hasil ini masih jauh dari harapan.



Gambar 5. Box-whiskers plot pengaruh perlakuan terhadap berat kering biji (a) dan brangkas (b) di lokasi penelitian. Tanda silang (x) menunjukkan nilai rata-rata. Huruf yang berbeda pada bar menunjukkan beda nyata antar perlakuan pada taraf 5% uji DMRT

Figure 5. Box-whiskers plot is showing the effect of treatment to oven dried base of grain (a) and biomass (b) weight in study site. Cross symbol (x) means average value. The different letters above bars are significantly different as tested by the DMRT at 5% level

Hal ini akibat kurangnya air tersedia selama periode tanam kedelai baik pada MT 2018 maupun 2019.

Selama pertumbuhannya, tanaman kedelai membutuhkan 300-450 mm air (Doorenbos dan Kassam 1981; Zandstra 1982). Sementara jumlah curah hujan selama pertumbuhan kedelai pada MT 2018 dan 2019 masing-masing hanya 81 dan 39 mm, yang jauh lebih kecil dari kebutuhannya. Kekurangan air menjadi masalah sangat serius jika terjadi pada periode pembentukan dan pengisian polong karena dapat menurunkan produksi 35-69% (Boote *et al.* 1982; Kari dan Nuralini 1993). Di awal budidaya tanaman pada penelitian ini, kedelai masih bisa memanfaatkan air tanah dari budidaya padi sebelumnya. Namun gejala kekeringan mulai muncul menjelang fase generatif (>35 HST) dimana kedelai seharusnya memperoleh pasokan air 203 mm, lebih besar dari fase vegetatif yaitu 126 mm (Boote *et al.* 1982).

Kesimpulan

Penambahan amelioran berupa biochar 10 t ha⁻¹ di lahan sawah tadah hujan mampu meningkatkan pH tanah, meningkatkan kandungan K⁺, meningkatkan kandungan air tersedia, menurunkan bobot isi tanah, dan meningkatkan hasil kedelai. Penambahan Pukan tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap sifat tanah, namun mampu meningkatkan hasil kedelai. Perbaikan perlakuan petani dengan menambahkan amelioran berupa Pukan dan biochar mampu meningkatkan hasil biji kering dan brangkasan kedelai.

Daftar Pustaka

- Atkinson CJ, Fitzgerald JD, Hipps NA. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil*. 337:1-18.
- Baronti S, Alberti G, Vedove GD, Gennaro FD, Fellet G, Genesio L, Miglietta F, Peressotti A, Vaccari FP. 2010. The biochar option to improve plant yields: first results from some field and pot experiments in Italy. *Italian Journal of Agriculture*.5:3-11.
- BBSDLP. 2017. Peta tanah skala 1:50.000 Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Bellard C, Bertelsmeier C, Leadley P, Thuiller W, Courchamp F. 2012. Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology Letters*. 15:365-377.
- Biederman LA, Harpole WS. 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: meta-analysis. *GCB Bioenergy*. 5:202-214.
- Blanco-Canqui H. 2017. Biochar and soil physical properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 81:687-711.
- Boote JR, Stansell AM, Schuber, Stone JF. 1982. Irrigation, water use and water relations. p. 164-205. In: H.E. Patte and C.T. Young (Eds.) *Peanut Science and Technology*. APPRES, Texas, USA.
- Cornelissen G, Jubaedah, Nurida NL, Hale SE, Martinsen V, Silvani L, Mulder J. 2018. Fading positive effect of biochar on crop yield and soil acidity during five growth seasons in an Indonesian Ultisol. *Science of Total Environment*. 634:561-568.
- Deenik J, Diarra A, Uehara G, Campbell S, Sumiyoshi Y, Antal Jr. M. 2011. Charcoal ash and volatile matter effects on soil properties and plant growth in an acid Ultisol. *Soil Science*. 176:336-345.
- De Meyer A, Poesen J, Isabirye M, Deckers J, Rates D. 2011. Soil erosion rate in tropical villages: a case study from Lake Victoria Basin, Uganda. *Catena*. 84:89-98.
- Doorenbos, Kassam AH. 1981. *Yield Response to Water*. 2nd Ed. FAO, Rome.
- Fujii K. 2014. Soil acidification and adaptations of plants and microorganisms in Bornean tropical forests. *Ecol Res*. 29:371-381.
- Hartatik W, Purwani J. 2017. Peningkatan produktivitas kedelai (*Glycine max* L.) pada Typic Kanhapludults dengan aplikasi pembenah tanah dan pupuk NPK. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 41(2):123-134.
- Haryati U, Sutono, Subiksa IGM. 2019. Pengaruh amelioran terhadap perbaikan sifat tanah dan produksi cabai rawit (*Capsicum frutescens*) pada lahan bekas tambang timah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 43(2):127-138.
- <http://www.litbang.pertanian.go.id/varietas>. Diunduh pada tanggal 21 Januari 2021.
- Islami T, Curitno B, Basuki N, Suryanto A. 2011. Maize yield and associated soil quality changes in cassava + maize intercropping system after 3 years of biochar application. *Journal of Agriculture Food Technology*. 1:112-115.
- Jien SH, Wang CS. 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*. 110:225-233.
- Kari ZA, Nuralini. 1993. Pengaruh populasi tanaman dan pengairan terhadap hasil kacang tanah pada musim kemarau. *Risalah Seminar Balittan Sukarami II*. p. 96-103.
- Kementerian Pertanian. 2020. <https://www.pertanian.go.id/home/?show=page&act=view&id=61>. Diunduh 28 Juli 2020.
- Khalil HPSA, Hossain MS, Rosamah E, Azli NA, Saddam N, Davoudpoura Y, Islam MN, Dungani R. 2015. The role of soil properties and its interaction towards quality plant fiber: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 43:1006-1015.

- Kimetu JM, Lehmann J. 2010. Stability and stabilisation of biochar and green manure in soil with different organic carbon contents. *Australian Journal of Soil Research*. 48:577-585.
- Leip A, Ledgard S, Uwizeye A, Palhares JCP, Aller MF, Amon B, Binder M, Cordovi; CMds, Camills CD, Dong H, Fusi A, Helin J, Hörtenhuber S, Hristov AN, Koelsch R, Liu C, Masso C, Ngkongolo NV, Patra AK, Redding MR, Rufino MC, Sakrabani R, Thoma G, Vertéz F, Wang Y. 2019. The value of manure-Manure as co-product in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*. 241:293-304.
- Li JT, Zhong XL, Wang F, Zhao QG. 2011. Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice-wheat rotation system. *Plant Soil Environ*. 57(8):351-356.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna Oxisols. *Plant and Soil*. 333:117-128.
- Mankasingh U, Choi PC, Ragnarsdottir V. 2011. Biochar application in a tropical, agricultural region: a plot scale study in Tamil Nadu, India. *Applied Geochemistry*. 26:S218-S221.
- Martinsen V, Alling V, Nurida NL, Mulder J, Hale SE, Ritz C, Rutherford DW, Heikens A, Breedveld GD, Cornelissen G. 2015. pH effects of the addition of biochars to acidic Indonesian mineral soils. *Soil Science and Plant Nutrition*. 61:821-834.
- Mulyani A, Sukarman A, Hidayat. 2009. Prospek perluasan areal tanam kedelai di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 3(1):27-38.
- Nurida NL, Dariah A, Sutono S. 2015. Pembenh tanah alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman kedelai di lahan kering masam. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 39(2):99-108.
- Nurida NL. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. Edisi Khusus: 57-68.
- Nurida NL, Dariah A, Rachman A. 2013. Peningkatan kualitas tanah dengan pembenh tanah biochar limbah pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 37(2):68-77.
- Pusdatin Pertanian. 2016. Outlook komoditas pertanian sub sektor tanaman pangan: kedelai. Pusat Data dan Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian. ISSN:1907-1507.
- Rajkovich S, Enders A, Hanley K, Hyland C, Zimmerman AR, Lehmann J. 2012. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*. 48:271-284.
- Razzaghi F, Obour PB, Arthur E. 2020. Does biochar improve soil water retention? A systematic review and meta-analysis. *Geoderma*. 361: 114055.
- Rees F, Quideau S, Dyck M, Hernandez G, Yarmuch M. 2020. Water and nutrient retention in coarse-textured soil profiles from the Athabasca oil sand region. *Applied Geochemistry*. 114:104526.
- Sebayang HT, Fatimah S. 2019. The effect of tillage systems and dosages of cow manure on weed and soybean yield (*Glycine Max* Merrill). *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 7(1):1959-1963.
- Tang J, Zhu W, Kookana R, Katayama A. 2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. *Journal of Bioscience and Bioengineering*. 116(6):653-659.
- Tejada M, Gonzalez JL. 2007. Influence of organic amendments on soil structure and soil loss under simulated rain. *Soil and Tillage Research*. 93:197-205.
- Van Zwieten L, Kimber S, Morris S, Chan KY, Downie A, Rust J, Joseph S, Cowie A. 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant and Soil*. 327:235-246.
- Walters RD, White JG, 2018. Biochar in situ decreased bulk density and improved soil-water relations and indicators in Southeastern US coastal plain Ultisols. *Soil Sci*. 00:00. 10.1097/SS.0000000000000235
- Wang D, Li C, Parikh SJ, Scow KM. 2019. Impact of biochar on water retention of two agricultural soils – A multi-scale analysis. *Geoderma*. 340:185-191.
- Zamzami A, Rogomulyo R, Purwanti S. 2016. Pengaruh waktu pemupukan dan macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill). *Vegetalika*. 5(1):13-22.
- Zandstra HG. 1982. Effect of soil moisture and texture on growth of upland crops wetland rice. *Inst. Los Banos. Philippines*.p 43-45.
- Zhu Q, Kong L, Xie F, Zhang H, Wang H, Ao X. 2018. Effects of biochar on seedling root growth of soybeans. *Chil. J. Agric. Res*. 78(4):549-558.