



## **Peran Biochar dan Biofertilizer untuk Meningkatkan Kemampuan Tanah Menahan Air dan Ketersediaan Forfor pada Tanah Ultisol**

*The Role of Biochar and Biofertilizer in Enhancing Water Holding Capacity and Phosphorus Availability in Ultisol Soil*

Author(s): Andrian Perdana<sup>1\*</sup>; Sidik Yuned<sup>1</sup>; Eka Lupitasari<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup> Universitas Riau

\*Corresponding author: [andrianperdanaap@gmail.com](mailto:andrianperdanaap@gmail.com)

Submitted: 14 Jan 2025

Accepted: 25 Jul 2025

Published: 30 Sep 2025

### **ABSTRAK**

Tanah ultisol merupakan tanah suboptimal dengan drainase buruk yang memiliki kemampuan menahan air dan ketersediaan fosfor yang rendah. Tanah ultisol mendominasi 25% dari total luas daratan Indonesia, sehingga perlu adanya solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pemberian *biochar* diharapkan mampu mengatasi permasalahan kemampuan menahan air, sedangkan *biofertilizer* pelarut fosfat mampu meningkatkan ketersediaan P di tanah ultisol. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi pemberian *biochar* dan *biofertilizer* pelarut fosfat terhadap peningkatan kemampuan tanah menahan air dan ketersediaan P pada tanah ultisol. Penelitian ini merupakan eksperimen faktorial 4×3 yang disusun menurut rancangan acak lengkap. Faktor I merupakan jenis *biochar*: C0 (tanpa *biochar*), C1 (*biochar* sekam padi), C2 (*biochar* tempurung kelapa), dan C3 (*biochar* cangkang kelapa sawit). Faktor II, yaitu jenis *biofertilizer* yang terdiri dari tiga taraf: F0 (tanpa *biofertilizer*), F1 (*biofertilizer* dari *B. subtilis*), dan F2 (*biofertilizer* dari *P. fluorescens*). Data hasil analisis ragam diuji lanjut dengan uji DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian *biochar* dan *biofertilizer* pelarut fosfat mampu meningkatkan kemampuan tanah menahan air, P-tersedia, dan C-organik tanah, serta mampu meningkatkan performa keragaan tanaman kedelai. *Biochar* dari sekam padi dan *biofertilizer* dari *B. subtilis* lebih efektif untuk memperbaiki sifat tanah dan keragaan tanaman dibandingkan dengan perlakuan lainnya.

### **Kata Kunci:**

*Biochar*;  
*Biofertilizer*;  
Kedelai

### **ABSTRACT**

#### **Keywords:**

*Biochar*;

*Biofertilizer*;

Soybean

*Ultisol soil is a suboptimal soil type characterized by poor drainage, low water-holding capacity, and low phosphorus (P) availability. Ultisol soil accounts for 25% of Indonesia's total land area; therefore, it is necessary to address this issue. The application of biochar is expected to overcome the problem of water holding capacity. Meanwhile, biofertilizer can increase the availability of P in ultisol soil. This research aims to determine the potential of the application of biochar and biofertilizer in increasing water holding capacity and the availability of P in ultisol soil. This research used a 3×3 factorial in a completely randomized design with two factors. The first factor was biochar types: C0 (without biochar), C1 (rice husk biochar), C2 (coconut shell biochar), and C3 (palm kernel shells biochar). The second factor was biofertilizer types: F0 (without biofertilizer), F1 (biofertilizer from *B. subtilis*), and F2 (biofertilizer from *P. fluorescens*). The data from the variance analysis were tested further with the DMRT at the level of 5%. The results showed that the application of biochar and biofertilizer is able to increase water holding capacity, available P, and soil organic carbon, as well as improve the performance of soybean plants. Biochar rice husks and biofertilizer from *B. subtilis* are more effective in improving soil properties and plant performance compared to other treatments.*



## PENDAHULUAN

Tanah ultisol merupakan tanah suboptimal dengan drainase buruk yang mempunyai horizon argilik. Karakteristik tanah ini yaitu memiliki pori mikro dan makro yang kecil dan stabilitas agregat yang rendah. Hal ini menyebabkan rendahnya kemampuan mengikat air (*water holding capacity*) pada tanah ultisol. Selain itu, reaksi tanah ultisol umumnya masam hingga sangat masam (pH 5,0–3,0). Pada pH rendah (<5,0), hara fosfor (P) berubah dari bentuk *available* menjadi *unavailable*, sehingga ketersediaan hara P menjadi berkurang (Damanik et al., 2010).

Tanah ultisol dengan reaksi masam ini juga memiliki kelarutan logam Al, Fe, dan Mn yang sangat tinggi, sehingga menyebabkan terjadi toksisitas pada tanah. Tingginya jumlah oksida-oksida Al dan Fe tersebut membentuk ikatan Al-P dan Fe-P yang kuat dan tidak larut, sehingga menyebabkan hara P tidak tersedia bagi tanaman yang menyebabkan tingkat kesuburan tanah ultisol menjadi rendah.

Tanah ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia (Subagyo et al., 2004). Tingginya penyebaran tanah jenis ultisol di Indonesia, mengakibatkan pentingnya mendapatkan metode penanganan tepat guna yang dapat meningkatkan hasil dari tanah jenis ini. Tanah ultisol sangat berpotensi untuk dibudidayakan lahan pertanian namun perlu masukan teknologi dengan tujuan untuk memperbaiki kondisi tanah, terutama sifat fisik dan kimia dengan penambahan bahan pembenah tanah.

Penambahan *biochar* dan *biofertilizer* sebagai bahan pembenah tanah pada tanah ultisol diharapkan menjadi solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan budidaya pertanian. *Biochar* merupakan arang hayati hasil *pirolisis* (pembakaran) tidak sempurna tanpa oksigen atau dengan oksigen rendah, disebut arang hayati karena berasal dari biomassa tanaman (pertanian, perkebunan, dan kehutanan) (Latuponu et al., 2018). *Biochar* berfungsi sebagai amelioran (pembenah) tanah dengan menjamin kelembaban tanah karena daya retensi air besar (Laird et al., 2010). Luas permukaan *biochar* yang besar mengakibatkan *biochar* dapat meningkatkan daya menahan air. Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan *biochar* dapat memanfaatkan limbah dari pertanian, misalnya sekam padi, tempurung kelapa, dan cangkang kelapa sawit. Selain pemanfaatan *biochar*, aplikasi *biofertilizer* juga diharapkan mampu mengatasi permasalahan di tanah ultisol.

*Biofertilizer* atau sering dikenal dengan pupuk hayati adalah pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik yang diinokulasi dengan mikroba yang dapat mengolah bahan-bahan organik menjadi bahan anorganik yang berguna bagi tanaman. Mikroorganisme yang digunakan sebagai bahan aktif pupuk hayati adalah bakteri pelarut fosfat. Pupuk hayati pelarut fosfat mempunyai kemampuan melarutkan P dalam bentuk tidak tersedia menjadi bentuk tersedia dan mengurangi kelarutan Al dan Fe. Hal ini terjadi karena mikroba yang terkandung dalam pupuk tersebut dapat menyekresi asam-asam organik yang mampu membentuk kompleks stabil

dengan kation-kation Al dan Fe dalam tanah, sehingga P dapat tersedia dalam tanah. Mekanisme yang terjadi adalah pemecahan ikatan Al-P dan Fe-P oleh asam-asam organik, sehingga akan meningkatkan ketersediaan P dalam tanah (Noor, 2003). Mikroorganisme yang sering dilaporkan dapat melarutkan fosfat antara lain adalah anggota-anggota genus *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Mycobacterium*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Enterobacter*, dan *Citrobacter* (Illmer et al., 1995). Namun, mikroorganisme tersebut memiliki kemampuan berbeda-beda yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

Pemanfaatan *biochar* dan *biofertilizer* dari bakteri pelarut P ini diharapkan mampu menyelesaikan permasalahan pada tanah ultisol. Namun, penelitian terkait kombinasi antara *biochar* dan *biofertilizer* dari bakteri pelarut P belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu mengkaji potensi pemanfaatan kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* dari bakteri pelarut P untuk meningkatkan kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*) dan ketersediaan P pada tanah ultisol dengan indikator kedelai.

## METODOLOGI

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan di UPT Kebun Percobaan, Laboratorium Ilmu Tanah dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Riau, Kelurahan Simpang Baru, Kecamatan Tampan, Pekanbaru, Riau. Penelitian ini berlangsung selama empat bulan dimulai dari bulan Maret hingga Juni 2019.

### Bahan dan Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer 250 ml, gelas ukur, *sprayer*, spatula, jarum ose, *autoclave*, oven, *laminar air flow* dan entkas, timbangan analitik, cangkul, sekop, *drum*, ember, toples, mistar, kamera, buku dan alat tulis. Bahan yang digunakan adalah bakteri *B. subtilis*, bakteri *P. fluorescense*, *Nutrient Agar* (NA), *Pikovskaya* agar, glukosa, aquades, alkohol 70%, pengekstrak *Bray*, larutan pewarna fosfat,  $\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , Indikator *penolphthalein*, KCl, tempurung kelapa, cangkang kelapa sawit, sekam padi dan benih kedelai varietas DEGA 1.

Bahan tanah Ultisol berasal dari Desa Batu Belah, Kabupaten Kampar, Provinsi Riau. Bahan tanah ultisol yang digunakan memiliki karakteristik berupa pH 3,87, kadar air 17%, C-organik 1,02%, P-available 6,94 ppm, dan *water holding capacity* 32,3%. Bahan tanah Ultisol dikering anginkan selama dua minggu dan diayak dengan ayakan berukuran 2 mm (10 *mesh*). Tanah hasil ayakan sebanyak 10 kg dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 50×40 cm.

### Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara faktorial dengan rancangan acak lengkap dua faktor. Faktor pertama, yaitu jenis *biochar* yang terdiri dari empat taraf : C0 (tanpa *biochar*), C1 (*biochar* sekam padi), C2 (*biochar* tempurung kelapa), dan C3 (*biochar* cangkang kelapa sawit). Faktor kedua, yaitu jenis *biofertilizer* yang terdiri dari tiga taraf : F0 (tanpa *biofertilizer*), F1 (*biofertilizer* dari *B. subtilis*), dan F2 (*biofertilizer* dari *P. fluorescens*). Kedua

faktor dikombinasikan, diperoleh 12 kombinasi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 36 satuan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 3 unit, sehingga penelitian ini terdiri dari 108 *polybag*. Data hasil analisis ragam diuji lanjut dengan uji DMRT pada taraf 5%.

### Persiapan Perlakuan

Isolat *Pseudomonas fluorescense* dan *Bacillus subtilis* dibuat menjadi subkultur kerja. Masing-masing subkultur isolat bakteri diinokulasikan pada medium NA (*Nutrient Agar*) steril. Selanjutnya, diinkubasi dalam inkubator pada suhu 37°C selama 24 jam. Pengujian isolat *P. fluorescense* dan *B. subtilis* yang berpotensi sebagai pelarut fosfat dilakukan dengan cara diinokulasikan dalam medium *Pikovskaya* agar dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Koloni bakteri yang memiliki zona bening merupakan bakteri yang mampu melarutkan fosfat.

Komposisi media pembawa pupuk hayati (*biofertilizer*) bakteri pelarut fosfat terdiri dari pupuk kandang, pasir, dan tanah dengan perbandingan 1:1:1. Seluruh bahan media pembawa dihomogenkan dan dibuat masing-masing untuk setiap bakteri yang akan diinokulasikan. Masing-masing media pembawa disiram dengan larutan yang tersusun atas molase dan aquades dengan perbandingan volume 1:2 hingga kondisi lembab. Kemudian, isolat *P. fluorescense* dan *B. subtilis* diinokulasikan ke media pembawa dan dilakukan pengadukan secara berkala. Selama proses pembuatan *biofertilizer*, perawatan dilakukan dengan penyiraman menggunakan aquades steril, ditambahkan 2 gram pupuk NPK setiap minggu dan

molase sebanyak 5 ml setiap 3 hari sekali untuk nutrisi tambahan. Pembuatan pupuk hayati (*biofertilizer*) bakteri pelarut fosfat selesai ketika konsentrasi bakteri telah mencapai  $10^8$  CFU/g.

Persiapan *biochar* secara sederhana diawali dengan mengeringkan bahan dasar yang terdiri dari sekam padi, tempurung kelapa, dan cangkang kelapa sawit. Bahan dasar yang sudah kering dibakar di dalam *drum* dengan menggunakan pemanasan auto thermal. Bahan dasar tersebut dibakar hingga menjadi arang selama 8 jam. Setelah pembakaran selesai dilakukan, maka akan menghasilkan material berwarna hitam. Arang kemudian didinginkan dengan cara dibungkus daun pisang selama 12 jam. Kemudian arang dihaluskan menggunakan lumpang alu, selanjutnya ditambahkan NaOH 0,01 N sebagai aktivator dan diinkubasi selama 7 hari.

### Pelaksanaan Penelitian

*Biochar* diaplikasikan dua minggu sebelum tanam dengan dosis 10 ton.ha<sup>-1</sup> (50 g per *polybag*) untuk setiap jenis *biochar* yang telah dibuat. Pemberian perlakuan lainnya yaitu *biofertilizer* yang dilakukan bersamaan dengan waktu tanam atau dua minggu setelah pemberian *biochar*. *Biofertilizer* diaplikasikan dengan cara dibuat lubang tanam sedalam 5 cm, dimasukkan *biofertilizer* dan kemudian ditutup kembali dengan tanah hingga menutupi lubang tanam.

Penanaman dilakukan bersamaan dengan pemberian perlakuan *biofertilizer*. Tanaman kedelai ditanam tiga benih dalam setiap *polybag*. Benih yang tumbuh kemudian diseleksi menjadi satu tanaman per *polybag*. Tanaman kedelai yang

dipertahankan adalah tanaman yang memiliki tingkat pertumbuhan seragam.

Pemeliharaan tanaman kedelai meliputi pemupukan, penyulaman, penyiangan, penyiraman, serta pengendalian hama dan penyakit. Pupuk dasar yang digunakan yaitu urea dengan dosis 200 kg.ha<sup>-1</sup> (1,00 g per *polybag*), TSP dengan dosis 150 kg.ha<sup>-1</sup> (0,75 g per *polybag*), dan KCl dengan dosis 100 kg.ha<sup>-1</sup> (0,50 g per *polybag*). Pupuk TSP dan KCl diberikan pada saat tanam, sedangkan pupuk urea diberikan dua kali yaitu 100 kg.ha<sup>-1</sup> (0,50 g per *polybag*) pada saat tanam dan sisanya diberikan pada saat tanaman berumur 50 hari setelah tanam (HST). Semua pupuk diberikan secara larikan dengan jarak 5 cm dari lubang tanam.

Parameter pengamatan terdiri dari pengamatan karakter tanah dan keragaan tanaman. Pengamatan performa karakter tanah dilakukan sebelum penanaman dan setelah 4 minggu masa tanam (masa vegetatif maksimum). Pengamatan yang dilakukan terdiri dari pengamatan kemampuan tanah menahan air (metode

gravimetri), pH tanah (pH meter), P-tersedia (metode Bray) dan kadar C-organik (metode Walkley and Black) pada tanah. Metode gravimetri dengan tanah dikondisikan pada kapasitas lapang kemudian dioven selama kurang lebih 24 jam atau sampai beratnya konstan pada suhu 105°C kemudian diukur kadar lengasnya. Hasil dari pengukuran kadar lengas pada keadaan kapasitas lapang disebut sebagai *soil water holding capacity*. Pengamatan keragaan tanaman terdiri dari tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat brangkasan tanaman. Pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun dilakukan setiap minggu. Pengamatan brangkasan tanaman dilakukan setelah empat minggu masa tanam dengan menimbang brangkasan segar dan brangkasan kering tanaman.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Awal Tanah

Hasil analisis awal bahan tanah ultisol yang dijadikan sebagai media tanam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai pH, kadar air, C-organik, P-tersedia, dan *water holding capacity* (WHC) tanah ultisol sebelum tanam

Table 1. The value of pH, water content, C-organic, available P, and water holding capacity (WHC) of ultisol soil before planting

pH	Kadar air	C-organik	P-Tersedia	WHC
<i>pH</i>	<i>Water Content</i>	<i>C-Organic</i>	<i>Available P</i>	<i>WHC</i>
3.87	17.0%	1.02%	6.94 ppm	32.3%

Tabel 1 menunjukkan nilai pH, kadar air, C-organik, P-tersedia, dan *water holding capacity* yang terdapat pada tanah ultisol tergolong rendah. Nilai pH sebesar 3,87 pada tanah mineral tergolong sangat masam, sehingga akan berdampak

terhadap pertumbuhan dan produksi yang dihasilkan oleh tanaman. Tanah yang masam akan menyebabkan meningkatnya keberadaan besi dan aluminium semakin tinggi, sehingga kekuatan tanah untuk menyerap unsur hara seperti fosfor semakin

tinggi dan menyebabkan fosfor tidak tersedia bagi tanaman (Subagyo et al., 2000).

Kadar air tanah ultisol yaitu 17,0% yang tergolong rendah. Kadar air ideal tanah yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman adalah 25% (Kirkham, 2023). Rendahnya kadar air ini disebabkan oleh rendahnya ketersediaan koloid tanah (-) pada tanah ultisol yang berperan untuk menahan air di dalam tanah. Kadar air tanah yang rendah mengakibatkan tanaman tidak mampu tumbuh dengan baik karena kekurangan ketersediaan air tanah (Arsyad, 2006).

Nilai C-organik tanah pada tanah ultisol juga tergolong sangat rendah yaitu 1,02%. Kriteria ideal tanah pertanian adalah mengandung C-organik sebesar 5% (Hardjowigeno, 2003). Kandungan P-tersedia pada tanah ultisol sangat rendah yaitu hanya sebesar 6,94 ppm. Kadar P-tersedia pada nilai 6,94 ppm tersebut dikategorikan sebagai ketersediaan rendah di tanah (Pusat Penelitian Tanah, 1983). Rendahnya P-tersedia disebabkan karena terfiksasi oleh mineral Al dan Fe.

Selain itu, kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*) pada tanah ultisol yang digunakan juga tergolong sangat rendah, yaitu 32,3%. Tanah dengan tekstur liat pada umumnya memiliki kemampuan menahan air sebesar 45–55%. Rendahnya kemampuan tanah ultisol menahan air disebabkan oleh rendahnya ketersediaan koloid tanah serta kerapatan isi yang tinggi, hal tersebut mengakibatkan rendahnya kemampuan suatu tanah dalam menahan air.

### Analisis Akhir Tanah Ultisol

Hasil pengamatan pada tanaman kedelai yang diaplikasikan *biochar* dan *biofertilizer* terhadap karakteristik tanah dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* menghasilkan pengaruh yang berbeda-beda terhadap beberapa sifat tanah ultisol. Pemberian kombinasi perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap perubahan pH tanah ultisol. Hal tersebut dikarenakan perlakuan yang diberikan tidak mengandung bahan yang mampu mengikat  $H^+$  dan mengakibatkan kenaikan pH secara signifikan. Muharam & Saefudin (2016) menyatakan bahwa aktivitas mikroorganisme di dalam tanah menghasilkan sekresi berupa senyawa organik yang mampu mengikat  $H^+$  akan tetapi jumlahnya tidak signifikan seperti pemberian amelioran atau bahan pembenah tanah.

Pemberian kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* pelarut fosfat menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan kemampuan tanah menahan air (*water holding capacity*). Tanah ultisol yang diaplikasikan *biochar* sekam padi dan *biofertilizer* dari *B. subtilis* menunjukkan nilai kemampuan tanah menahan air paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tanah ultisol pada perlakuan kontrol hanya memiliki kemampuan menahan air sebesar 30%, nilai yang tidak jauh berbeda dari hasil analisis awal kemampuan tanah menahan air pada saat sebelum tanam (Tabel 1).

Lehmann & Rondon (2006) menyatakan bahwa *biochar* merupakan arang hayati yang mampu berperan sebagai

koloid tanah dan memiliki gugus fungsional COOH- sehingga mampu mengikat air yang ada di dalam tanah dan menciptakan kondisi tanah menjadi lembab dan meningkatkan ketersediaan air pada tanah ultisol. Hasil penelitian Sutono & Nurida (2012) menunjukkan bahwa *biohar* sekam padi lebih mampu menyimpan air lebih banyak dan lebih lama dibandingkan dengan *biochar* tempurung kelapa. Selain itu, hasil penelitian Nurida (2014) menunjukkan bahwa *biochar* sekam padi juga memiliki kemampuan menyimpan air lebih tinggi dibandingkan dengan *biochar* dari cangkang kelapa sawit.

Hasil analisis akhir tanah ultisol (Tabel 2) menunjukkan bahwa pemberian kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* pelarut fosfat berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik tanah ultisol. Pemberian *biofertilizer* yang mengandung bakteri pelarut fosfat mampu meningkatkan pelepasan P yang ada di dalam tanah, sehingga menjadi sumber energi bagi mikroba tanah dalam aktivitas metabolismenya dan meningkatkan kandungan karbon tanah (Citraesmini et al., 2017). Peningkatan kandungan C-organik juga disebabkan terjadinya penambahan karbon stabil berasal dari *biochar*. Naqvi et al. (2014) menyatakan bahwa bentuk karbon dalam *biochar* adalah kelompok humus asam-asam organik dan phenol, yang merupakan salah satu senyawa aromatik dan merupakan bentuk karbon yang telah stabil. Senyawa ini dapat mencegah proses kehilangan karbon yang disebabkan oleh pencucian dan dekomposisi mikroba.

Kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* memberikan pengaruh nyata terhadap

ketersediaan fosfor di dalam tanah ultisol (Tabel 2). Hasil analisis menunjukkan bahwa *biofertilizer* dari *B. subtilis* memiliki kemampuan melarutkan fosfat lebih efektif dibandingkan dengan *biofertilizer* dari *P. fluorescense*. Mikroba pelarut fosfat akan menghasilkan metabolit sekunder berupa enzim fosfatase yang mampu memutus ikatan P pada aluminium ( $AlP_2O_5$ ) maupun besi ( $FeP_2O_5$ ) sehingga meningkatkan P-tersedia di dalam tanah. Hasil penelitian Widawati & Suliasih (2016) menunjukkan bahwa *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. memiliki kemampuan yang baik dalam melarutkan fosfat. Bakteri ini berperan menghasilkan senyawa metabolik yang dapat meningkatkan aktivitas penyerapan P pada tanaman yang tumbuh pada lingkungan dengan P rendah. Semakin banyak bakteri pelarut fosfat maka meningkatkan unsur hara P yang tersedia untuk tanaman, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Singh & Purohit, 2008).

### Tinggi Tanaman

Hasil pengamatan pada tanaman kedelai yang diaplikasikan *biochar* dan *biofertilizer* terhadap tinggi tanaman dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* memberikan hasil yang fluktuatif terhadap tinggi tanaman kedelai setiap minggu pengamatan. Pemberian *biochar* dan *biofertilizer* tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kedelai pada pengamatan hari ke-7 setelah tanam, sedangkan pada pengamatan hari ke-14 dan ke-21 berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman kedelai, kemudian pada pengamatan terakhir di hari

ke-28 kombinasi perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman.

Pemberian kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* belum memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kedelai pada minggu pertama karena tanaman masih menggunakan cadangan hara yang terdapat di dalam biji untuk tumbuh dan berkembang. Hal ini menyebabkan tanaman belum menggunakan ketersediaan hara yang ada di dalam media tanam.

Pada hari ke-14–21 setelah tanam, kombinasi perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanam. Hal tersebut dikarenakan kondisi media tanam yang optimal untuk pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini didukung oleh hasil analisis tanah setelah aplikasi (Tabel 2) yang menunjukkan bahwa terdapat peningkatan ketersediaan P dan peningkatan kemampuan tanah menahan air, sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman kedelai. Fosfor berperan sebagai energi dalam bentuk ATP membantu pertumbuhan tanaman menjadi lebih optimal, ketersediaan air yang tinggi juga membantu transportasi hara dan metabolisme tanaman menjadi lebih optimal (Hardjowigeno, 2003).

Namun, pada minggu terakhir pengamatan kombinasi perlakuan tidak

berpengaruh nyata terhadap peningkatan tinggi tanaman. Hal ini disebabkan oleh karakter genetik dari varietas tanaman kedelai yang dibudidayakan. Varietas DEGA-1 memiliki masa tanam selama 40 hari, yang pada hari ke-28 setelah tanam sudah melewati laju optimum pertumbuhan vegetatif menuju ke fase pertumbuhan generatif. Oleh sebab itu, pada hari ke-28 sudah tidak terjadi lagi perubahan yang signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kedelai.

Tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh hormon *indole acetic acid* (IAA) yang dihasilkan oleh bakteri pelarut fosfat. Kelompok *B. subtilis* secara kuantitatif mampu memproduksi konsentrasi IAA lebih besar dibandingkan dengan kelompok *P. Flourescens* (Istiqomah et al., 2017). Hal ini menyebabkan *B. subtilis* lebih mampu dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Mekanisme bakteri dalam meningkatkan kandungan IAA pada tanaman adalah dengan menggunakan triptofan alami yang disekresikan oleh akar yang kemudian digunakan untuk sintesis IAA.

### **Jumlah Daun**

Hasil pengamatan pada tanaman kedelai yang diaplikasikan *biochar* dan *biofertilizer* terhadap jumlah daun dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Rerata nilai pH, Kadar Air, C-Organik, P-Tersedia, dan kemampuan menahan air tanah ultisol setelah tanam

Table 2. The value of pH, water content, C-organic, available P, and water holding capacity (WHC) of ultisol soil after planting

Analisis Analysis	Jenis Biochar Biochar types	Jenis Biofertilizer Biofertilizer types		
		Tanpa biofertilizer Without biofertilizer	Biofertilizer dari <i>B. subtilis</i> Biofertilizer of <i>B. subtilis</i>	Biofertilizer dari <i>P. fluorescens</i> Biofertilizer of <i>P.</i> <i>fluorescens</i>
pH <i>pH</i>	Tanpa biochar <i>Without biochar</i>	3.85	3.94	3.97
	Biochar sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	4.12	4.30	4.33
	Biochar tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	4.09	4.21	4.25
	Biochar cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	4.07	4.17	4.19
Kemampuan menahan air (%) <i>Water holding capacity (%)</i>	Tanpa biochar <i>Without biochar</i>	30.00 c	31.15 c	30.00 c
	Biochar sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	48.12 a	48.34 a	47.50 a
	Biochar tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	47.00 a	44.81 b	46.17 a
	Biochar cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	44.87 ab	46.00 b	46.15 b
C-organik (%) <i>C-organic (%)</i>	Tanpa biochar <i>Without biochar</i>	1.00 b	1.40 a	1.37 a
	Biochar sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	1.32 a	1.25 ab	1.28 a
	Biochar tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	1.19 b	1.50 a	1.20 a
	Biochar cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	1.15 b	1.47 a	1.38 a
P tersedia (ppm) <i>Available P (ppm)</i>	Tanpa biochar <i>Without biochar</i>	6.90 d	20.20 b	15.21 b
	Biochar sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	7.12 d	32.19 a	28.00 a
	Biochar tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	6.92 d	28.75 a	28.00 a
	Biochar cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	6.95 d	25.41 a	22.50 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DMRT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the DMRT test at the 5% level.

Tabel 3. Rerata pengamatan tinggi tanaman (cm) terhadap pemberian *biochar* dan *biofertilizer* pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (HST)

Table 3. The average of plant height (cm) with application of *biochar* and *biofertilizer* at 7, 14, 21, and 28 days after planting (DAP)

Waktu Time	Jenis <i>Biochar</i> <i>Biochar types</i>	Jenis <i>Biofertilizer</i> <i>Biofertilizer types</i>		
		Tanpa <i>biofertilizer</i> Without <i>biofertilizer</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>B. subtilis</i> <i>Biofertilizer of B.</i> <i>subtilis</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>P. fluorescens</i> <i>Biofertilizer of P.</i> <i>fluorescens</i>
7 HST 7 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	18.76	19.76	19.45
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	20.72	22.54	21.12
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	19.76	20.12	19.98
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	19.23	19.87	19.77
14 HST 14 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	24.33 b	28.00 ab	27.00 b
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	27.00 b	39.66 a	27.33 b
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	26.33 b	32.33 ab	30.33 ab
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	25.00 b	26.66 ab	26.00 b
21 HST 21 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	29.24 b	31.21 a	30.98 ab
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	32.09 b	47.12 a	33.21 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	32.56 b	41.23 a	39.89 ab
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	32.44 a	32.98 a	32.34 a
28 HST 28 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	32.12	33.12	32.16
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	34.10	51.76	36.12
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	33.54	35.21	40.78
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	33.09	34.42	34.13

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DMRT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the DMRT test at the 5% level

Tabel 4. Rerata pengamatan jumlah daun terhadap pemberian *biochar* dan *biofertilizer* pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (HST)

Table 4. The average number of leaves with application of *biochar* and *biofertilizer* at 7, 14, 21, and 28 days after planting (DAP)

Waktu Time	Jenis <i>Biochar</i> <i>Biochar types</i>	Jenis <i>Biofertilizer</i> <i>Biofertilizer types</i>		
		Tanpa <i>biofertilizer</i> Without <i>biofertilizer</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>B. subtilis</i> <i>Biofertilizer of B.</i> <i>subtilis</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>P. fluorescens</i> <i>Biofertilizer of P.</i> <i>fluorescens</i>
7 HST 7 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	3.21 b	6.99 a	4.21 a
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	6.19 a	6.32 a	6.00 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	5.23 b	6.21 a	6.01 a
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	5.09 b	6.02 a	5.99 a
14 HST 14 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	6.33 b	8.00 ab	8.66 ab
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	9.66 ab	10.66 a	8.66 ab
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	8.66 ab	10.00 ab	8.66 ab
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	8.33 ab	9.00 ab	7.33 ab
21 HST 21 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	9.00 c	13.22 a	12.78 ab
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	11.21 b	14.32 a	13.98 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	11.00 c	13.89 a	13.65 a
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	10.45 c	13.54 a	13.09 a
28 HST 28 DAP	Tanpa <i>biochar</i> Without <i>biochar</i>	11.23 c	15.21 a	14.00 ab
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	15.23 b	17.21 a	16.34 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	14.22 b	16.45 a	15.89 a
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	13.56 b	16.00 a	15.76 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DMRT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the DMRT test at the 5% level.

Tabel 4 menunjukkan bahwa kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman kedelai. Pengamatan jumlah daun pertama pada hari ke-7 setelah tanam menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* sekam padi saja memberikan pengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman kedelai sedangkan pemberian kombinasi antara *biochar* dengan *biofertilizer* tidak berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman. Hasil pengamatan pada hari ke-14 menunjukkan belum berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman, sedangkan pada hari ke-21 dan ke-28 setelah tanam pemberian beberapa kombinasi *biochar* dengan *biofertilizer* sudah berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun tanaman kedelai.

Pertambahan jumlah daun tanaman kedelai yang terjadi akibat pemberian beberapa kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* menunjukkan bahwa terdapat ketersediaan unsur hara yang optimal untuk diserap oleh tanaman kedelai. Hal ini didukung oleh penelitian Zuchri (2009) yang menunjukkan bahwa pemberian *biofertilizer* pelarut fosfat mampu meningkatkan jumlah daun. Terlihat bahwa tanaman yang diberi bakteri pelarut fosfat menunjukkan pertambahan jumlah daun yang lebih banyak dibandingkan dengan yang tidak diaplikasikan. Hal tersebut dikarenakan kemampuan bakteri dalam melepaskan ikatan aluminium dan besi terhadap fosfat sehingga fosfor menjadi lebih tersedia dan digunakan sebagai energi dalam bentuk ATP untuk pertumbuhan tanaman kedelai.

Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi *biochar* sekam padi dan *biofertilizer* dari *B. subtilis* lebih efektif dalam meningkatkan jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pemberian *biofertilizer* lebih berperan penting dalam peningkatan jumlah daun tanaman kedelai. Hasil penelitian Istiqomah et al. (2017) menunjukkan bahwa Isolat *B. subtilis* memiliki kemampuan tertinggi memproduksi hormon IAA dan memberikan efek bagus terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun. Pertambahan jumlah daun dipengaruhi oleh hormon auksin yang diproduksi oleh mikroba. Auksin merupakan salah satu jenis hormon yang dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan proses elongasi sel dan perpanjangan batang seperti halnya diferensiasi sel (Nassar et al., 2005).

### **Berat Biomassa Tanaman**

Hasil pengamatan pada tanaman kedelai yang diaplikasikan *biochar* dan *biofertilizer* terhadap berat biomassa tanaman dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan kombinasi *biochar* dan *biofertilizer* berpengaruh nyata terhadap berat biomassa basah dan biomassa kering tanaman kedelai. Hal ini sesuai dengan penelitian Wibowo et al. (2017) yang menyatakan bahwa penambahan *biochar* memperbaiki karakter fisik dan kimia tanah, sehingga menambah ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Pemberian *biochar* menyebabkan terjadinya peningkatan luas permukaan tanah yang mempengaruhi daya hantar hidrolik air dan unsur hara, sehingga serapan aliran nutrisi lebih cepat terangkut oleh jaringan *xylem* tanaman (Citraesmini et al., 2017).

Tabel 5. Rerata pengamatan biomassa tanaman terhadap pemberian *biochar* dan *biofertilizer* pada umur 7, 14, 21, dan 28 hari setelah tanam (HST)

Table 5. The average of plant biomass with application of *biochar* and *biofertilizer* at 7, 14, 21, and 28 days after planting (DAP)

Jenis biomassa <i>Biomass types</i>	Jenis <i>Biochar</i> <i>Biochar types</i>	Jenis <i>Biofertilizer</i> <i>Biofertilizer types</i>		
		Tanpa <i>biofertilizer</i> <i>Without biofertilizer</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>B. subtilis</i> <i>Biofertilizer of B. subtilis</i>	<i>Biofertilizer</i> dari <i>P. fluorescens</i> <i>Biofertilizer of P. fluorescens</i>
Biomassa basah (g) <i>Wet biomass (g)</i>	Tanpa <i>biochar</i> <i>Without biochar</i>	16.76 d	40.21 c	41.32 c
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	46.89 b	59.54 a	58.88 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	44.11 b	54.74 a	54.29 a
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	43.51 b	48.21 ab	47.34 ab
Biomassa kering (g) <i>Dry biomass (g)</i>	Tanpa <i>biochar</i> <i>Without biochar</i>	8.32 c	25.27 a	22.89 b
	<i>Biochar</i> sekam padi <i>Rice husk biochar</i>	25.32 a	28.21 a	28.67 a
	<i>Biochar</i> tempurung kelapa <i>Coconut shell biochar</i>	20.98 b	26.26 a	22.05 b
	<i>Biochar</i> cangkang sawit <i>Palm kernel shell biochar</i>	20.17 b	26.13 a	25.02 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DMRT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the DMRT test at the 5% level.

Selain efek dari pemberian *biochar*, aplikasi *biofertilizer* pelarut fosfat juga mempengaruhi berat biomassa tanaman dengan peningkatan ketersediaan P di dalam tanah. Hal tersebut dikarenakan hara P berperan sebagai aktivator energi dalam pertumbuhan akar, pembungaan, pemasakan buah atau biji. Selain itu, unsur P juga berfungsi untuk penyusunan inti sel, lemak dan protein.

Selain itu, aplikasi *biofertilizer* pelarut fosfat juga meningkatkan berat biomassa tanaman dengan memproduksi IAA. Mekanisme kerja IAA dalam perpanjangan sel adalah dengan mendorong elongasi sel-sel pada koleoptil

dan ruas-ruas tanaman. Perpanjangan sel tanaman tersebut terjadi pada arah vertikal, yang kemudian diikuti dengan pembesaran sel dan meningkatnya berat basah tanaman. Peningkatan berat basah tanaman terutama dikarenakan meningkatnya pengambilan air oleh sel tersebut.

## KESIMPULAN

Pemanfaatan *biochar* dan *biofertilizer* pelarut fosfat mampu meningkatkan kemampuan tanah menahan air, P-tersedia, dan C-organik tanah. Selain itu, juga meningkatkan tinggi tanaman hingga 28 hari setelah tanam, jumlah daun, dan berat biomassa tanaman kedelai.

*Biochar* sekam padi dan *biofertilizer* dari *B. subtilis* lebih efektif untuk meningkatkan sifat tanah dan keragaan tanaman dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan *biochar* sekam padi memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan *biochar* dari bahan dasar lainnya, sehingga mampu meningkatkan kemampuan menahan air. Selain itu, *B. subtilis* menghasilkan hormon IAA lebih banyak dibandingkan dengan *P. fluorescense* yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. (2006). *Soil Conservation*. IPB Press.
- Citraesmini, A., Bachtiar, T., & Bachtiar, T. (2017). Dinamika Fosfat Pada Aplikasi Kompos Jerami-Biochar dan Pemupukan Fosfat Pada Tanah Sawah. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop Dan Radiasi*, 12(2), 133.
- Damanik, S., Syakir, M., Tasma, M., & Siswanto. (2010). *Budidaya dan Pascapanen Karet*. Eska Media.
- Hardjowigeno, S. (2003). *Soil Classification and Pedogenesis*. Akademika Pressindo.
- Illmer, P., Barbato, A., & Schinner, F. (1995). Solubilization of hardly-soluble AlPO<sub>4</sub> with P-solubilizing microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry*, 27(3), 265–270.
- Istiqomah, I., Aini, L. Q., & Abadi, A. L. (2017). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens* dalam melarutkan fosfat dan memproduksi hormon IAA (Indole Acetic Acid) untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat. *BUANA SAINS*, 17(1), 75.
- Kirkham, M. B. (2023). Soil–water terminology and applications. In *Principles of Soil and Plant Water Relations* (pp. 49–63). Elsevier.
- Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., & Karlen, D. (2010). Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3–4), 436–442.
- Latuponu, H., Shiddieq, D., Hanudin, E., & Syukur. (2018). Utilization of Waste Material As an Active Sago Biochar P Available to Increase And Growth in Corn Ultisol. *Rural Development Journal*, 1(1), 131–139.
- Lehmann, J., & Rondon, M. (2006). Biochar soil management in highly weathered soils in the humid tropic. In *Biological Approaches to Sustainable Soil System* (pp. 517–530). CRC Press.
- Muharam, M., & Saefudin, A. (2016). Pengaruh Berbagai Pembena Tanah Terhadap Pertumbuhan Dan Populasi Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa*, L) Varietas Dendang Di Tanah Salin Sawah Buka Baru. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 1(2), 141–150.
- Naqvi, S. R., Uemura, Y., & Yusup, S. (2014). Fast Pyrolysis of Rice Husk in a Drop Type Pyrolyzer for Bio-oil and Bio-char production. *Australian Journal of Basic and Applied*

*Sciences*, 8, 294–298.

Nassar, A. H., El-Tarabily, K. A., & Sivasithamparam, K. (2005).



Promotion of plant growth by an auxin-producing isolate of the yeast *Williopsis saturnus* endophytic in maize (*Zea mays* L.) roots. *Biology and Fertility of Soils*, 42(2), 97–108.

Noor, A. (2003). Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut



Fosfat dengan Pupuk Kandang terhadap P Tersedia dan Pertumbuhan Kedelai pada Ultisol. *Indonesian Journal of Agronomy*, 31(3).

Nurida, N. L. (2014). Potensi Pemanfaatan



Biochar untuk Rehabilitasi Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 57–68.

Pusat Penelitian Tanah. (1983). *Kriteria*



*Penilaian Data Sifat Analisis Kimia Tanah*.

Singh, T., & Purohit, S. S. (2008).



*Biofertilizer Technology*. Agrobios (India).

Subagyo, H., Suharta, N., & Siswanto, A.



B. (2000). *Indonesia Land Resources and Its Management: Agricultural Land in Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.

Subagyo, H., Suharta, N., & Siswanto, A.



B. (2004). Tanah-tanah pertanian di Indonesia. In L. I. A. F. A. Adimihardja A. & D. Djaenudin (Eds.), *Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya* (pp. 21–66). Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.

Sutono, S., & Nurida, N. L. (2012).



Kemampuan Biochar Memegang Air pada Tanah Bertekstur Pasir. *Buana Sains*, 12(1), 45–52.

Wibowo, S. A., Wiguna, E. C., Susilo, B.,



Dalimartha, L. N., & Prasetyo, E. N. (2017). Pengaruh Biochar Berbasis Biofertilizer untuk Meningkatkan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.). *Proceeding Biology Education Conference*.

Widawati, S., & Suliasih. (2016).



Augmentation of potential phosphate solubilizing bacteria (PSB) stimulate growth of green mustard (*Brassica caventis* Oed.) in marginal soil. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 7(1), 10–14.

Zuchri, A. (2009). Pemupukan SP36 pada



Lahan Regosol Bereaksi Masam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Kacang Tanah (*Arachis hypogea* L.). *Agrovigor*, 2(1), 31–35.