



Ketersediaan Nitrogen dan Fosfor Serta Respon Pertumbuhan Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Yang Diberi Biochar dan Pupuk Kandang di Tanah Berpasir

Nitrogen and Phosphorus Availability and Growth Response of Lettuce (*Lactuca sativa*) Treated with Biochar and Manure in Sandy Soil

Devi Alfina, Sukartono, Lolita Endang Susilowati
Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

*corresponding author, email:
devialfina04@gmail.com



ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh biochar dan pupuk kandang terhadap ketersediaan nitrogen (N) dan fosfor (P) di tanah berpasir serta respons pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa*). Percobaan dilaksanakan di rumah kaca dan laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Mataram menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tujuh perlakuan dan empat ulangan: B0 (kontrol), B1 (biochar 10 ton/ha), B2 (pupuk kandang 10 ton/ha), B3 (biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha), B4 (biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha), B5 (biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha), dan B6 (biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha). Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar dan pupuk kandang, baik tunggal maupun kombinasi, berpengaruh nyata terhadap peningkatan N dan P tanah. Serapan N tertinggi ditemukan pada perlakuan B5 (16,42 mg/tanaman), sedangkan serapan P tertinggi pada perlakuan B3 (8,13 mg/tanaman). Pertumbuhan tanaman terbaik, ditunjukkan oleh bobot brangkas basah dan kering tertinggi, juga dicapai pada perlakuan B5. Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi biochar dan pupuk kandang dapat menjadi strategi efektif dalam meningkatkan kesuburan tanah berpasir dan produktivitas selada. Penelitian ini berkontribusi pada pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), terutama Tujuan 2 (Tanpa Kelaparan) melalui peningkatan ketahanan pangan, dan Tujuan 15 (Ekosistem Daratan) melalui perbaikan kualitas lahan secara berkelanjutan.

Kata kunci: Biochar; pupuk kandang; tanah berpasir; nitrogen; fosfor; selada; SDGs.

ABSTRACT. This study aims to evaluate the effect of biochar and manure on the availability of nitrogen (N) and phosphorus (P) in sandy soil, as well as the growth and yield response of lettuce (*Lactuca sativa*). The experiment was conducted in a greenhouse and laboratory at the Faculty of Agriculture, University of Mataram, using a completely randomized design with seven treatments and four replications: B0 (control), B1 (10 tons/ha biochar), B2 (10 tons/ha manure), B3 (10 tons/ha biochar + 10 tons/ha manure), B4 (5 tons/ha biochar + 5 tons/ha manure), B5 (10 tons/ha biochar + 5 tons/ha manure), and B6 (5 tons/ha biochar + 10 tons/ha manure). The results showed that the application of biochar and manure, either singly or in combination, significantly increased soil N and P availability. The highest N uptake was found in treatment B5 (16.42 mg/plant), while the highest P uptake was in treatment B3 (8.13 mg/plant). The best plant growth, indicated by the highest fresh and dry shoot weight, was also achieved in treatment B5. These findings suggest that the combination of biochar and manure can be an effective strategy to improve the fertility of sandy soils and enhance lettuce productivity. This research contributes to the achievement of the Sustainable Development Goals

(SDGs), particularly Goal 2 (Zero Hunger) through improved food security, and Goal 15 (Life on Land) through sustainable land quality improvement.

Keywords: Biochar, manure, sandy soil, nitrogen, phosphorus, lettuce, SDGs.

PENDAHULUAN

Lahan pertanian di daerah tropis seperti Indonesia lebih rentan mengalami penurunan kualitas tanah dibandingkan dengan lahan pertanian di daerah beriklim sedang. Kondisi seperti ini berkaitan dengan karakteristik iklim tropis yang memiliki suhu dan kelembaban relatif tinggi sehingga memicu tercapainya kondisi optimum bagi aktivitas organisme tanah dalam melakukan proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Keadaan ini berpeluang menurunkan kandungan bahan organik tanah. Dengan demikian, pengelolaan tanah pertanian berbasis bahan organik menjadi penting untuk diperhatikan khususnya pada lahan kering yang memiliki kesuburan rendah.

Lahan kering di Nusa Tenggara Barat (NTB) memiliki provinsi yang cukup besar yakni tidak kurang dari 1.807.463 ha atau 84% dari luas wilayah NTB (Suwardji, 2006). Salah satu wilayah di Nusa Tenggara Barat yang memiliki areal lahan kering dengan tipe tanah berpasir yang cukup luas adalah Kabupaten Lombok Utara. Wilayah Lombok Utara telah menetapkan sekitar 38.000 hektar lahan kering yang perlu dibenahi fungsinya menjadi lahan pertanian produktif (Sudantha dan Suwardji, 2013). Lahan kering dengan tipe tanah berpasir di Kabupaten Lombok Utara secara umum memiliki status kesuburan rendah yang dicirikan oleh tekstur tanah yang kasar, kandungan pasir (60%), strukturnya tidak mantap, kandungan bahan organik rendah $> 2\%$ dan lapisan olahannya relatif tipis (Sukartono, 2011).

Karakteristik tanah seperti ini rentan terhadap penurunan produktivitas, manakala tidak dikelola secara tepat. Upaya yang dilakukan dalam perbaikan kualitas tanah ini adalah penggunaan bahan-bahan organik yang tergolong sebagai pembenah tanah seperti biochar dan pupuk kandang (Sonia, 2014). Pengaplikasian biochar dan pupuk kandang merupakan bahan pembenah organik yang sangat berperan penting dalam memperbaiki kesuburan tanah, efisiensi penggunaan nitrogen dan air (Sukartono, 2011) serta memiliki potensi yang baik untuk memasok bahan organik dan unsur hara makro dan mikro supaya tanaman dapat tumbuh dengan baik (Syukur dan Nur Indah, 2006).

Selada adalah salah satu tanaman sayuran semusim yang dapat tumbuh di daerah tropis dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi. Menurut Rukmana (2007), faktor penting yang perlu diperhatikan dalam meningkatkan produksi tanaman selada adalah dengan mencukupi ketersediaan unsur hara. Salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman selada yang dibudidayakan pada tanah berpasir adalah dengan memberikan bahan organik seperti biochar dan pupuk kandang. Biochar berpotensi sebagai pembenah tanah dalam memperbaiki kesuburan tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Sedangkan pemberian pupuk kandang ke dalam tanah selain meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah, juga dapat menyediakan unsur hara bagi tanaman.

Upaya perbaikan kualitas tanah berpasir melalui aplikasi biochar dan pupuk kandang tidak hanya berdimensi agronomis, tetapi juga sejalan dengan komitmen global dalam mewujudkan pembangunan berkelanjutan. Penelitian ini secara langsung mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya Tujuan 2 yaitu mengakhiri kelaparan, mencapai ketahanan pangan, dan meningkatkan gizi, dengan cara meningkatkan produktivitas lahan marginal melalui

teknologi pembenah organik. Di samping itu, pemanfaatan limbah biomassa (tongkol jagung) sebagai biochar dan kotoran ternak sebagai pupuk kandang merefleksikan praktik pertanian sirkular yang ramah lingkungan, sehingga turut berkontribusi pada Tujuan 12 (Konsumsi dan Produksi yang Bertanggung Jawab) serta Tujuan 15 (Ekosistem Daratan) yang menekankan pengelolaan lahan berkelanjutan dan restorasi ekosistem. Dengan demikian, inovasi ini tidak hanya relevan bagi petani lokal di Lombok Utara, tetapi juga memiliki implikasi luas bagi kebijakan pertanian berkelanjutan di daerah tropis lainnya.

BAHAN DAN METODE

Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai September 2020. Bertempat di Rumah Kaca Fakultas Pertanian dan analisis tanah di Laboratorium Kimia Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah contoh tanah berpasir, biochar dari tongkol jagung, pupuk kandang sapi, benih selada dan bahan-bahan yang digunakan dalam analisis di Laboratorium.

Alat yang digunakan pada percobaan ini adalah ember, ayakan, timbangan analitik, cangkul, alat tulis, label, penggaris dan seperangkat alat pembuatan biochar. Rancangan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL).

Percobaan terdiri atas 7 perlakuan dengan 4 ulangan sehingga diperoleh 28 unit percobaan, sebagai berikut : B0 (tanpa perlakuan), B1 (Biochar 10 ton/ha), B2 (pupuk kandang 10 ton/ha), B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha), B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha), B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha), B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha). Data analisis dengan sidik ragam (ANNOVA) pada taraf 5%. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan N dan P : Tanah awal, Biochar dan Pupuk Kandang

Hasil analisis contoh tanah, biochar dan pupuk kandang yang digunakan dalam percobaan ini disajikan pada Tabel 1:

Tabel 1. Kandungan N total dan P tersedia tanah

Hasil Analisis	N-Total (%)	P Tersedia (ppm)
Tanah	0,10	40.00
Biochar	0,20	3.800
Pupuk Kandang	0,13	2.500

Berdasarkan pengharkatan kandungan hara oleh Balittan (2005), maka kandungan N Total tanah tersebut tergolong rendah dengan nilai 0,10%. Rendahnya status hara N tanah pada tanah berpasir dikarenakan sifat N yang mobile dan menjadi salah satu penciri rendahnya status hara tanah berpasir lahan kering Lombok Utara yang bahan induk tanahnya berupa material abu pasir berbatu apung hasil erupsi Gunung. Sedangkan kandungan P tersedia termasuk dalam harkat sangat tinggi dengan nilai 40 ppm. Tingginya P nampaknya berkaitan dengan residu fosfor dari penggunaan P yang dilakukan oleh petani di lahan tersebut. Tanah tersebut berasal dari lahan tegalan yang ditanami kacang

tanah dan ubi kayu di Kecamatan Pemenang, Kabupaten Lombok Utara yang merupakan jenis tanah berpasir.

Biochar yang digunakan dibuat dari bahan baku tongkol jagung yang diambil dari Desa Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur. Hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa biochar yang diaplikasikan pada tanah berpasir memiliki kandungan unsur hara nitrogen dan fosfor yang cukup memadai dengan nilai masing-masing sebesar 0,20 % dan 3.800 ppm. Meskipun kandungan hara biochar pada umumnya rendah akan tetapi memiliki kandungan total karbon yang tinggi dan bersifat rekalsitran yaitu tahan terhadap proses dekomposisi. Menurut Iskandar dan Rofiatin (2017); Nurida (2014) menunjukkan bahwa kandungan karbon biochar dari bahan tongkol jagung berkisar 70,58-77,16% pada kisaran suhu pemanasan 300 ° C - 700 ° C. Kandungan karbon biochar sangatlah bervariasi tergantung pada jenis biomassa organik bahan yang digunakan, suhu pemanasan dan tekanan (Sukartono 2011 dan Lehman 2007). Sedangkan hasil analisis pupuk kandang dari kotoran sapi (Table 1) berdasarkan pengharkatan kandungan hara menurut SNI (2014) menunjukkan bahwa kandungan unsur hara nitrogen dengan nilai 0,13 % tergolong sangat rendah, hal ini dikarenakan kualitas pupuk yang kurang bagus. Dan untuk kandungan unsur hara fosfor dengan nilai 2.500 ppm tergolong tinggi.

Pengaruh Biochar dan Pupuk Kandang Terhadap N dan P Tanah

Pengaruh biochar dan pupuk kandang terhadap kandungan N tanah dan P tersedia setelah percobaan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kandungan N total dan P Tersedia pada tanah setelah percobaan

Perlakuan	N-total (%)	P-tersedia (ppm)
B0	0.07 c	22.64 c
B1	0.08 ab	28.69 ab
B2	0.09 b	27.52 ab
B3	0.09 b	36.90 a
B4	0.09 b	23.32 c
B5	0.08 ab	32.92 b
B6	0.08 ab	27.35 ab
BNJ 5 %	0.01	5.90

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada BNJ taraf 5%.

Dari hasil analisis N tanah setelah percobaan (Table 2) secara umum menunjukkan bahwa penambahan pembenah organik baik dalam bentuk biochar atau pupuk kandang dan kombinasinya berpengaruh nyata terhadap peningkatan N dan P tanah. Peningkatan kandungan N tanah terjadi pada perlakuan B2 (Pupuk kandang 10 ton/ha), B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) dan B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha). Sedangkan tiga perlakuan B1 (Biochar 10 ton/ha), B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) dan B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) mempunyai pengaruh yang sama dengan tanpa perlakuan. Dari data yang diperoleh pada Table 2 tersebut dapat dikatakan bahwa kombinasi penambahan biochar dan pupuk kandang pada berbagai rasio takaran masih memiliki kontribusi yang sama dalam penyediaan nitrogen tanah. Hal ini diduga karna rentan waktu percobaan yang relatif singkat (45 hari) sehingga membutuhkan masa inkubasi yang lebih lama untuk menunjukkan peran.

Hasil analisis P tersedia (Table 2) menunjukkan bahwa perlakuan B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) meningkatkan kandungan P tersedia menjadi 36,90 ppm, kemudian diikuti oleh perlakuan B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) dengan nilai 32.92 %. Jadi perlakuan kombinasi biochar 10 ton/ha memiliki kontribusi dalam menaikkan P sebesar 40% terhadap kontrol, sedangkan B5 memberikan kontribusi sebanyak 25 % dalam menaikkan P tersedia.

Serapan N dan P pada Tanaman Selada

Data serapan N dan P pada tanaman selada dihitung dari perkalian konsentrasi nitrogen dalam jaringan daun dengan berat keringnya. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi N, P dan serapan N dan P pada tanaman selada

Perlakuan	N Jaringan (%)	Serapan N (mg/tan)	P Jaringan (%)	Serapan P (mg/tan)
B0	0.72 c	12.05	0.32 c	5.35 c
B1	0.83 b	15.75	0.34 bc	6.45 bc
B2	0.88 a	15.87	0.39 b	7.03 ab
B3	0.83 b	15.69	0.43 a	8.13 a
B4	0.73 c	12.34	0.33 c	5.58 c
B5	0.81 b	16.42	0.38 b	7.70 b
B6	0.83 b	15.88	0.35 bc	6.89 bc
BNJ 5 %	0.11	NS	0.06	1.84

Keterangan : B0 (tanpa perlakuan) B1 (Biochar 10 ton/ha) B2 (Pupuk kandang 10 ton/ha) B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha)

Dari data Table 3 di atas terlihat bahwa perlakuan B2 (pupuk kandang 10 ton/ha) memberikan pengaruh terhadap konsentrasi N jaringan dengan nilai tertinggi sebesar 0.88 %. Meningkatnya kadar N Jaringan pada tanaman selada tersebut dikarenakan peranan pupuk kandang yang diberikan mampu menyumbangkan unsur nitrogen yang siap diserap tanaman melalui akar yang ada di dalam tanah, kemudian unsur nitrogen tersebut ditransfer ke seluruh bagian jaringan tanaman. Kemudian diikuti oleh perlakuan B1, B3 dan B6. Sedangkan pada serapan N menunjukkan bahwa perlakuan B5 dengan rekomendasi (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) memiliki nilai serapan N paling tinggi dengan nilai 16.42 mg/tan dan diikuti oleh perlakuan B6 dan B2 dengan masing-masing nilai 15.88 mg/tan dan 15.87 mg/tan.

Unsur P pada tanaman merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Pada hasil analisis P Jaringan dan Serapan P pada Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) memiliki nilai tertinggi yaitu dengan masing-masing nilai sebesar 0.43% dan 8.13 mg/tan. Pemberian kombinasi biochar dan pupuk kandang mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara P di dalam tanah sehingga mampu terserap dengan baik oleh tanaman. Pengaplikasian biochar dan pupuk kandang dapat menjadikan alternatif sebagai penyuplai hara pada tanah. Semua bahan yang diberikan ke dalam tanah mampu meningkatkan fungsi tanah termasuk meningkatkan penyerapan P bagi tanaman selada.

Pertumbuhan Tanaman Selada

Data pertumbuhan tanaman selada yang ditunjukkan oleh rata-rata bobot brangkasan basah, bobot brangkasan kering, bobot brangkasan basah akar dan bobot brangkasan kering akar disajikan pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Nilai rata-rata bobot brangkasan basah tanaman, bobot brangkasan kering tanaman, bobot brangkasan basah akar dan bobot brangkasan kering akar.

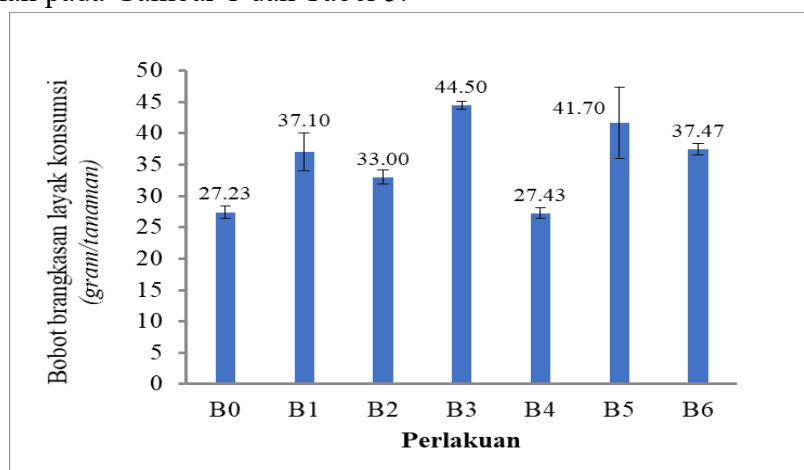
Perlakuan	Bobot Basah Atas Tanaman (g/tanaman)	Bobot Kering Atas Tanaman (g/tanaman)	Bobot Basah Akar (g/tanaman)	Bobot Kering Akar (g/tanaman)
B0	51.23	16.73	1.43	0.23
B1	66.80	18.97	3.63	0.57
B2	64.87	18.03	3.43	0.53
B3	65.73	18.90	3.60	0.60
B4	51.47	16.90	1.93	0.30
B5	79.43	20.27	3.97	0.70
B6	65.10	19.13	3.73	0.63
NS	NS	NS	NS	NS

Keterangan : NS : tidak berbeda nyata atau non signifikan. B0 (tanpa perlakuan) B1 (Biochar 10 ton/ha) B2 (Pupuk kandang 10 ton/ha) B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha).

Dari Tabel 4 terlihat jelas bahwa pada percobaan aplikasi pembenah organik pada tanaman selada selama 45 hari tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap keragaan pertumbuhan tanaman selada baik pertumbuhan vegetatif bagian atas maupun pertumbuhan vegetatif bagian bawah. Oleh karena itu pembahasan berikutnya yang terkait dengan penampilan tanaman yakni bobot brangkasan atas layak konsumsi dan warna daun menjadi hal yang akan didiskusikan.

Bobot brangkasan atas layak konsumsi dan penampilan warna

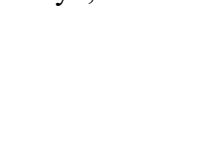
Data bobot brangkasan atas layak konsumsi dan penampilan warna daun pada tanaman selada masing-masing disajikan pada Gambar 1 dan Tabel 5.



Gambar 1. Nilai Rata-Rata Bobot Brangkasan Layak Konsumsi. B0 (tanpa perlakuan) B1 (Biochar 10 ton/ha) B2 (Pupuk kandang 10 ton/ha) B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha) B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha) B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha).

Untuk menentukan brangkasan layak konsumsi perlu menggunakan pengukuran warna daun yaitu Munsell plant tissue color chart dan juga perlu diamati dan dipilih. Dari data yang ditunjukkan pada Gambar 1. terlihat bahwa semua perlakuan menunjukkan tidak berbeda nyata. Pada brangkasan layak konsumsi yang tertinggi terdapat pada perlakuan B3 dan B5 diikuti oleh perlakuan B6, dan B1. Hal ini sesuai dengan penampilan warna (Tabel 5) pada perlakuan B3, B5, B6 dan B1 yang memiliki daun yang masih segar, berwarna hijau muda, tidak cacat dan layak untuk dikonsumsi. Sedangkan pada perlakuan B2 dengan nilai 33.00 mg/tan terlihat pada penampilan warna daunnya sudah agak tua dan sudah tidak segar lagi.

Tabel 5. Penampilan Warna Daun Tanaman Selada

Perlakuan	Tampilan Selada	Warna Daun
B0 (tanpa perlakuan)		B0 = 7.5 GY 5.5 / 8
B1 (Biochar 10 ton/ha)		B1 = 7.5 GY 6 / 8
B2 (Pupuk kandang 10 ton/ha)		B2 = 7.5 GY 5 / 7
B3 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha)		B3 = 7.5 GY 6 / 8
B4 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha)		B4 = 7.5 GY 5.5 / 8
B5 (Biochar 10 ton/ha + pupuk kandang 5 ton/ha)		B5 = 7.5 GY 6 / 8
B6 (Biochar 5 ton/ha + pupuk kandang 10 ton/ha)		B6 = 7.5 GY 6 / 8

Untuk perlakuan B0 dan B4 pada bobot layak konsumsi memiliki nilai yang paling rendah yaitu masing-masing nilai sebesar 27,23 mg/tan dan 27,43 mg/tan dengan penampilan warna daun yang sudah hijau tua, ada yang kekuningan karna sudah mulai layu, tidak segar dan tidak cocok untuk dikonsumsi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aplikasi biochar dan biourine memberikan pengaruh positif terhadap serapan N dan pertumbuhan tanaman kangkung darat. Perlakuan terbaik adalah kombinasi biochar 10 ton/ha dengan biourine 50%, yang menghasilkan serapan N tertinggi (144,1 mg/pot) serta pertumbuhan optimal (tinggi tanaman 52,03 cm, volume akar 7,60 ml, berat akar 25,02 g/pot, dan berat brangkas kering 32,33 g/pot). Temuan ini tidak hanya bermanfaat bagi peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga mendukung pencapaian SDGs, khususnya dalam aspek ketahanan pangan, pengelolaan limbah organik, dan praktik pertanian berkelanjutan. Dengan memanfaatkan limbah lokal sebagai sumber pupuk organik, penelitian ini menunjukkan bahwa inovasi sederhana dapat memberikan kontribusi nyata terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa aplikasi biochar dan pupuk kandang, baik secara tunggal maupun kombinasi, mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen dan fosfor dalam tanah berpasir serta memberikan respons positif terhadap pertumbuhan tanaman selada. Kombinasi biochar 10 ton/ha dengan pupuk kandang 5 ton/ha (B5) menghasilkan serapan N tertinggi dan pertumbuhan tanaman terbaik, sedangkan kombinasi biochar 10 ton/ha dengan pupuk kandang 10 ton/ha (B3) unggul dalam meningkatkan P tersedia. Perbaikan kesuburan tanah dan peningkatan hasil panen ini berkontribusi langsung terhadap ketahanan pangan (SDG 2) serta mendukung pengelolaan lahan berkelanjutan (SDG 15). Selain itu, pemanfaatan limbah organik sebagai bahan pembenah tanah mencerminkan pola konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab (SDG 12), sehingga penelitian ini memberikan solusi terpadu bagi peningkatan produktivitas pertanian sekaligus pelestarian lingkungan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih tidak lupa penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Sukartono, M. Agr., selaku dosen pembimbing utama dan Dr. Ir. Lolita Endang Susilowati, MP., selaku dosen pembimbing pendamping, serta semua pihak yang telah berpartisipasi dan membantu dalam pembuatan artikel ini. Khususnya yang telah mengarahkan dan membimbing dalam menulis artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, J.C. 2009. Improved and more environmentally friendly charcoal production system using a low-cost retort-kiln (Eco- charcoal). *Renewable Energy* 34:1923-1925 Atjung. 1988.
- Astera, M. 2007. Cation exchange capacity in soils, simplified (so that even I can understand it). *Soilminerals.com*.
- Atkinson ,C. J., J.D. Fitzgerald, N.A. Hipps. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: a review. *Plant Soil* 337:1–18.
- BPS. 2009. Data Statistik Hortikultura. BPS Press. Jakarta.
- Chan, K.Y., L. van Zwietter, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research* 45:629-634.
- Conte, P. 2014. Biochar, soil fertility, and environment. *Biol Fertil Soils* (2014) 50:1175.
- Djuariah.2007. Pengaruh Pemberian Urin Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kangkung dengan Menggunakan EM4.*Jurnal Bio sains* 1 (3): 93-99.
- Dody, Misa. 2015. Bio Urine (Pupuk Organik Cair) dari Kencing Sapi.

- <http://dodymisa.blogspot.co.id/2019/12/19/bio-urine-pupuk-organik-cair-dari.html>
- Gani, A. (2009). Biochar penyelamat lingkungan. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 31(6), 15-16.
- Glaser, B., J. Lehmann, and W. Zech. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A review. *Biol. Fertil. Soils* 35:219-230.
- Hakim, N., M. Y. Nyakpa, A.M. Lubis S. G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, G.B Hong, dan H. Bailey. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Lampung.
- <http://cybex.pertanian.go.id/artikel/17583/budidayakangkung-lombok--menguntungkan/> diakses 25 desember2019.
- Hanafiah, KA. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 halaman.
- Harjadi. Sri Setyati. 1989. *Dasar-dasar Hortikultura*. Jakarta.
- Ika, Nurhayati, dkk. 2019. Pengaruh Biourine Sapi Terhadap Serapanfosfor dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L) Pada Entisols Sidera. e-J. Agrotekbis 7 (2) : 203.
- Indriani, F., Sutrisno, E. & Sumiyati, S. (2013). Studi pengaruh penambahan limbah ikan pada proses pembuatan pupuk cair dari urin sapi terhadap kandungan unsur hara makro (CNPK). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 1-16.
- Lehmann, J. and M. Rondon. 2006. Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics. p: 517-530 In *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems* (Norman Uphoff et al Eds.). Taylor & Francis Group PO Box 409267Atlanta, GA30384-9267
- Mariyatul Qibtiyah, dkk. 2017. Kajian Macam Biochar Dan Konsentrasi Biourine Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.).*Agritrop*. Volume 15 (1) http://jurnal.unmuhjembar.ac.id/index.php/AG_RITROP. Hal. 7.
- Musnamar, E. I. 2008. *Pupuk Organik*. Penebar Swadaya Press. Edisi Agriwawasan. Jakarta. 48 halaman.
- Nuraini,y., dan R.E. Asgianingrum . 2017. Peningkatan Kualitas Biourin Sapi dengan Penambahan Pupuk Hayati dan Molase serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Pakchoy. *J.Hort. Indonesia*. 8(3): 183-191. Desember 2017.
- Nurida, N.L. 2006. Peningkatan Kualitas Ultisol Jasinga Terdegradasi dengan pengolahan Tanah dan Pemberian bahan Organik. Disertasi Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Ogawa, M. 1994. Symbiosis of people and nature in tropics. *Farming Japan* 28(5):10-34.
- Ogawa, M. 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: three case studies. p 133-146.
- Poerwowidodo, 1992. *Telaah Kesuburan Tanah*, Penerbit Angkasa Persada Jl. Kronolodong No. 37, Cetakan keempat Bandung
- Rukmana, R. 1994. *Bertanam Kangkung*. Kanisius.Yogyakarta. Hal 44.
- Rukmana R. 2006. *Bertanam Kangkung*. Kanisius.Jakarta.
- Septriastri, A.I. Siregar, C.T. (2012). Latihan Kegel dengan penurunan gejala inkontinensia urine pada lansia. *Jurnal Keperawatan Medikal Bedah dan Keperawatan Dasar*.
- Sudjana, B. 2006. Pengaruh biochar dan NPK majemuk terhadap biomas dan serapan nitrogen di daun tanaman jagung (*Zea mays*) pada tanah typic dystrodepts. *Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 3(1):63-66.
- Suharta, N. 2007. Sifat dan karakteristik tanah dari batuan sedimen masam di Provinsi Kalimantan Barat serta implikasinya terhadap pengelolaan lahan. *Jurnal Tanah dan 26. Iklim* 25: 11
- Sukartono dan W.H. Utomo. 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (sandy loam) semiarid tropis Lombok Utara. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains*. Tribhuana Press. Vol 12:No. 1. Hal: 91-98
- Sumaryono. 1984. *Kunci Bercocok Tanam Sayur- Sayuran Penting di Indonesia*. Seminar. Indonesia.
- Sosrosoedirdjo. 1981. *Pupuk Organik: Cair dan Padat, Pembuatan, Aplikasi*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Sutedjo, M. M., 1994. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Sutono dan N.L. Nurida. 2012. Kemampuan biochar memegang air pada tanah bertekstur pasir. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press.* Vol 12:No. 1. Hal: 45-52
- Suwardji, Sukartono dan W.H. Utomo. 2012. Kemantapan agregrat setelah aplikasi biochar di tanah lempung berpasir pada pertanaman jagung di lahan kering Kabupaten Lombok Utara. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press.* Vol 12:No. 1. Hal: 61-68
- Tisdale, S.L., W.L., Nelson dan J.D. Braton. 1990. *Soil Fertility dan Fertilizer.* 4th Edition Macmillan Pub. Co. New York.
- UNDP. (2012). *Application of biochar technology in Indonesia: sequestering carbon in the soil, improving crop yield and providing alternative clean energy.* Biochar Project Indonesia, UNDP. Jakarta.
- Utami, B, L., Rachmawati, U. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Pada Media Tanah Mengandung Timbal Terhadap Pertumbuhan Kangkung Darat. *Jurnal Biologi.* 20 (1) : 6-10.
- Petty, dkk. 2013. Analisis Status Nitrogen Tanah Dalam Kaitannya Dengan Serapan N Oleh Tanaman Padi Sawah Di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Agrologia,* Vol. 2 No. 1. Hal. 54.
- Whitman, T, C. Pepe-Ranne, A. Enders, C. Koechli, A. Campbell, D. Buckley and J. Lehmann. 2016. Dynamics of microbial community composition and soil organic carbon mineralization in soil following addition of pyrogenic and fresh organic matter. *The ISME Journal* (2016), 1–13.