

Dampak Penggunaan Biochar Setelah Lima Tahun pada Vertisol dan Pemupukan NPK Terhadap Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.)

*Impact of Biochar Use After Five Years in Vertisol and NPK Fertilization on Yield of Shallot (*Allium ascalonicum* L.)*

Oswaldus, Widowati*, Hidayati Karamina

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, Jl. Telaga Warna, Tlogomas, Malang 65144, Indonesia

*E-mail Penulis Korespondensi: widwidowati@gmail.com

ABSTRACT

Vertisols are soils that expand when wet but shrivel and harden when dry. Their high clay content can affect soil aeration so that it can interfere with nutrient absorption. Biochar is a soil enhancer that has a longer impact on the sustainability of soil fertility. The aim of this study was to evaluate the residual dose of biochar that had been applied five years previously and NPK fertilizer on the growth and yield of shallots on Vertisol as soil medium. This study was conducted in Tunggulwulung Village, Lowokwaru District, Malang City. The method used a two-factor Randomized Block Design, consisting of biochar residue with 3 doses (0; 250; 500 g per polybag) and NPK fertilization (with and without fertilization). There was a positive impact from the residue of the previous five-year application of biochar on increasing the number of shallot leaves and bulbs on Vertisol.

Keywords: biochar; organic carbon; shallot bulb; soil pH; tobacco 'jengkok' waste

ABSTRAK

Vertisol merupakan tanah yang mengembang jika kondisi basah tetapi akan mengkerut dan keras jika kering. Kadar liatnya yang tinggi dapat mempengaruhi aerasi tanah sehingga dapat mengganggu penyerapan unsur hara. Biochar sebagai bahan pembenah tanah yang berdampak lebih lama untuk keberlanjutan kesuburan tanah. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi residu dosis biochar yang sudah lima tahun sebelumnya diaplikasi dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah pada Vertisol sebagai media tanam bawang merah. Penelitian dilaksanakan di Desa Tunggulwulung, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang. Metode penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor, terdiri dari residu biochar dengan 3 taraf berupa dosis biochar (0; 250; 500 g per *polybag*) dan pemupukan NPK (dengan dan tanpa pemupukan). Ada dampak positif dari residu biochar yang lima tahun sebelumnya diaplikasi pada media tanam berupa Vertisol terhadap peningkatan jumlah daun dan umbi bawang merah di Vertisol.

Kata kunci: biochar; jengkok tembakau; karbon organik; pH tanah; umbi bawang merah

PENDAHULUAN

Sebagai tanaman hortikultura, bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) sangat bermanfaat sebagai sumber protein, karbohidrat, lemak, vitamin, mineral, bahan remedi anti-mutagen dan anti-karsinogen. Bawang merah akan tumbuh baik pada berbagai tanah yang subur, baik sawah maupun tegalan. Kondisi tanah yang mendorong umbi dapat berkembang baik sangat penting supaya hasil bawang merah optimal. Vertisol merupakan salah satu tanah yang cukup baik secara kimia namun kurang baik secara fisik karena banyaknya partikel liat yang dapat mempengaruhi aerasi dan drainase tanah. Menurut Kovda *et al.* (2010), kadar liat pada Vertisol cukup besar (>30% pada seluruh horizon) dengan penciri utama yang mampu mengembang pada saat basah dan mengkerut pada saat kering. Partikel liat yang tinggi dengan pori mikro yang tinggi akan menyulitkan akar bertumbuh. Khususnya pada tanaman bawang merah akan menyebabkan pembentukan dan pembesaran umbi terganggu sehingga produksi bawang merah menurun.

Beberapa penelitian telah menggunakan amelioran pada Vertisol, diantaranya biochar (Junaitri *et al.*, 2018), pupuk organik, anorganik dan pupuk hayati (Vandani *et al.*, 2020), pupuk kandang dengan pupuk NPK (Pradita, 2019), biochar dan kompos (Luta *et al.*, 2020). Pada umumnya penelitian yang dilakukan hanya untuk satu musim tanam, seperti yang dilaporkan Sukmasari *et al.* (2020). Menurutnya, tidak ada pengaruh interaksi pupuk kalium dan biofosfat pada produksi bawang merah. Penggunaan biochar pada Vertisol nyata meningkatkan hasil terong ungu (Junaitri *et al.*, 2018). Selanjutnya disampaikan oleh Sholehuddin *et al.* (2019), dosis biochar 250 g per tanaman dan perompesan dapat meningkatkan bobot buah tomat di Vertisol.

Penelitian aplikasi biochar pada lahan pertanian umumnya dilakukan pada beberapa musim tanam dengan periode waktu kurang lebih 1-2 tahun. Penelitian untuk keberlanjutan tanah yang diberi biochar dalam jangka waktu

yang lebih lama belum banyak, khususnya pada tanaman hortikultura. Pemanfaatan biochar untuk pertanian merupakan pendekatan pertanian berkelanjutan karena biochar relatif sulit terdekomposisi sehingga tetap berada dalam tanah untuk memperbaiki sifat-sifat tanah (Bonanomi *et al.*, 2017; Lahori *et al.*, 2017). Widowati *et al.* (2020) mengemukakan bahwa peningkatan sifat kimia tanah menjadi lebih baik ketika biochar dan pupuk kandang kotoran ayam dikombinasikan pada Entisol, Litosol, Inseptisol.

Biochar tersusun dari bahan berbentuk karbon stabil yang sukar mengalami proses dekomposisi dan mineralisasi (Rawat *et al.*, 2019). Karbon tinggal dalam tanah dalam jangka panjang dan bersifat stabil (Gani, 2009). Hasil penelitian Nisa (2010) menunjukkan bahwa reaksi tanah meningkat 9,14% setelah diberi biochar 10 ton ha⁻¹. Selanjutnya efek residu biochar masih ditunjukkan pada kenaikan hasil jagung pada penanaman kedua setelah pertanaman jagung pertama dipanen (Widowati *et al.*, 2017).

Untuk menghasilkan tanaman secara optimal diperlukan unsur hara yang cukup dan seimbang. Khususnya pada lahan yang tingkat kesuburannya rendah, setelah panen perlu menambah pupuk anorganik untuk menghindari tanaman dari gejala kekurangan unsur hara yang dapat berakibat pada penurunan produksi tanaman. Pupuk NPK merupakan pupuk mejamuk yang paling banyak digunakan oleh petani (Sutedjo, 2010). Kenaikan pertumbuhan dan hasil bawang merah dengan dosis pupuk anorganik yang tepat (Martinus *et al.*, 2017). Efektifitas aplikasi karbon yang bersifat stabil di dalam tanah dapat dilihat pengaruhnya dari hasil tanaman dalam beberapa musim sehingga kajian dampak penggunaan dosis biochar dalam waktu 5 tahun pada vertisol diperlukan, khususnya pada tanaman bawang merah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Bawang Tunggulwulung Malang. Penelitian dilaksanakan Mei - Juli 2021. Media tanam sudah tersedia dari penelitian sebelumnya (2016-2019) yang menggunakan wadah *polybag* dengan perlakuan dosis biochar 0 g per *polybag* (kontrol), 250 g per *polybag*, dan 500 g per *polybag* yang diaplikasikan pada 10 kg tanah Vertisol. Sampel tanah diambil dari wilayah Bojonegoro yang sebelumnya ditanami kapas. Biochar jengkok tembakau diambil dari PT. Gudang Garam Tbk, telah diterapkan ke media tanam dalam *polybag*. Penelitian sebelumnya berlangsung secara berturut-turut pada tahun 2016 sampai 2019, setelah satu kali pemberian biochar pada tahun 2016, dengan penanaman tanaman terung ungu dan tomat dalam dua kali musim tanam. Setelah itu media tanam dibiarkan di lapangan dan ditumbuhi rumput hingga penelitian ini dilakukan. Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dengan menggunakan media tanam yang diberi biochar satu kali pada tahun 2016 dan tidak ada lagi penambahan biochar hingga 5 tahun. Biochar diterapkan secara merata pada seluruh media tanah. Tanah dalam *polybag* lama dibongkar, tanah yang berbongkah dihancurkan, dan dimasukkan ke dalam *polybag* baru.

Penelitian diatur dengan Rancangan Acak Kelompok faktorial, dengan faktor pertama berupa residu dosis biochar yang diterapkan satu kali pada tahun 2016, yaitu pada dosis 0; 250; dan 500 g per *polybag*. Faktor kedua adalah pemupukan NPK, yaitu dipupuk dan tidak dipupuk. Perlakuan yang dipupuk NPK menggunakan dosis 1,50 g per *polybag*. Masing-masing kombinasi perlakuan diulang tiga kali dan terdapat 6 *polybag* di setiap unit percobaan sehingga keseluruhan terdapat 108. Pada setiap ulangan, kombinasi perlakuan diacak dan ditempatkan dengan jarak 30 x 30 cm. Sampel tanah yang digunakan diambil untuk analisis kandungan C organik dan pH tanah. Pertumbuhan diamati mulai umur 3 minggu setelah tanam (mst), terdiri atas 3 tanaman sampel. Tinggi tanaman dan jumlah daun diamati hingga umur 6 mst sedangkan jumlah umbi per rumpun tanaman, bobot basah umbi per rumpun, bobot basah umbi+brangkasan per rumpun, dan diameter umbi diamati saat panen pada 16 mst. Semua sampel tanaman diamati untuk pengamatan variabel hasil bawang merah.

Anova dengan uji F dilakukan terhadap data pengamatan dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT, 5%) jika terdapat pengaruh nyata pada Anova.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sampel Vertisol

Sampel tanah yang telah mengandung residu dosis biochar dianalisis di laboratorium Universitas Tribhuwana Tungadewi (Tabel 1).

Tabel 1. Kadar C organik dan pH (H₂O) pada lima tahun aplikasi biochar di Vertisol

No	Dosis residu biochar (g per <i>polybag</i>)	Hasil	
		C organik (%)	pH (H ₂ O)
1	0	1,30 (Rendah)	7,60 (Agak alkalis)
2	250	1,48 (Rendah)	7,93 (Agak alkalis)
3	500	1,99 (Rendah)	7,94 (Agak alkalis)

pH tanah Vertisol agak alkalis (tanpa dan dengan biochar) akan tetapi pH dari residu tanah yang diberi biochar 250 dan 500 g per *polybag* relatif sama dan lebih tinggi daripada tanpa biochar (Tabel 1). pH tanah merupakan salah satu penentu bagi ketersediaan P. Reaksi tanah yang cenderung alkalis, menyebabkan P tidak tersedia karena dijerap oleh Ca sehingga menjadi kendala bagi pertumbuhan tanaman. C organik tanah yang diberi biochar dosis 500 g per *polybag* lebih tinggi dari dosis 250 g per *polybag*. Sampel Vertisol tanpa biochar menunjukkan C organik yang paling rendah. Namun semua perlakuan biochar termasuk pada kategori rendah dari periode 5 tahun setelah diaplikasi biochar.

Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah

Tinggi tanaman bawang merah dari residu biochar dosis 250-500 g per tanaman mampu memberikan pengaruh yang sangat nyata hanya di awal pertumbuhan (3 mst) namun tidak berpengaruh nyata pada umur 4-6 mst (Tabel 2). Tinggi tanaman relatif sama (Tabel 2) dengan nilai pH agak basa dan C organik rendah (Tabel 1). Hanafiah (2014) mengemukakan unsur P dan unsur mikro akan berkurang pada pH di atas 7,5. Defisiensi P menyebabkan pertumbuhan tanaman lambat karena unsur hara P diperlukan untuk merangsang awal pertumbuhan akar yang selanjutnya akan menumbuhkan tinggi tanaman. Pada tanah alkalis, ketersediaan P akan berkurang (Pakpahan *et al.*, 2020) sehingga perlu menambah pupuk P untuk mendapatkan produksi tanaman yang optimum (Allen dan Mallarino, 2006). Kadar P yang berkurang karena reaksi tanah yang alkalis menyebabkan tinggi tanaman relatif sama pada perlakuan dosis biochar. Jika dilihat pada Tabel 1, rendahnya kandungan C-organik dari residu biochar (250 dan 500 g per tanaman) menunjukkan tinggi tanaman yang tidak berbeda dengan kontrol. Padahal bahan organik tanah dapat sebagai sumber hara bagi tanaman. Hal ini tidak terlepas dari pengaruh faktor lain seperti pH yang alkalis. Sejalan dengan pernyataan Elisabeth *et al.* (2013), karbon dalam tanah penting untuk kesuburan dan produktivitas tanaman karena C organik sebagai penentu kadar bahan organik tanah (BOT). Putri *et al.* (2020), gulma dan residu tanaman sebagai sumber bahan organik yang dikeluarkan dari lahan pertanian akan menurunkan BOT. Lebih lanjut dikemukakan oleh Rachman *et al.* (2015) bahwa penurunan BOT disebabkan oleh intensifnya pengolahan tanah sehingga mempercepat proses dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Menurut Hairiah *et al.* (2000), unsur hara yang tersedia di dalam tanah berhubungan dengan kadar C yang berperan sebagai *reservoir* hara yang dihasilkan dari dekomposisi bahan organik.

Pemupukan NPK meningkatkan pertumbuhan bawang merah pada umur 4-6 minggu (Tabel 2). Pupuk NPK masih diperlukan untuk menunjang kebutuhan unsur hara bagi pertumbuhan bawang merah pada kondisi kadar karbon yang rendah. Sabran *et al.* (2015) mengemukakan pertumbuhan tinggi tanaman sebagai peubah karakter agronomi dari varietas tanaman.

Tabel 2. Residu dosis biochar dan pemupukan NPK pada pertumbuhan tinggi tanaman di Vertisol

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm) pada Umur (MST)			
	3	4	5	6
Dosis Residu Biochar (g)				
0	25,50 a	30,11 a	33,39 a	33,06 a
250	27,67 b	32,17 a	33,67 a	33,72 a
500	28,61 b	31,83 a	33,56 a	34,56 a
BNT 5 %	1,33	tn	tn	tn
Pemupukan NPK (g)				
Tidak dipupuk	27,33 a	30,15 a	32,19 a	32,37 a
Dipupuk	27,19 a	32,59 b	34,89 b	35,19 b
BNT 5 %	tn	1,72	1,04	1,19

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama berarti tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%, tn berarti tidak nyata

Residu biochar dosis 250-500 g per *polybag* pada 5 tahun aplikasi telah meningkatkan jumlah daun bawang merah, tidak demikian dengan perlakuan kontrol (Tabel 3). Pengaruh residu biochar terhadap peningkatan jumlah daun tanaman bawang merah berkaitan dengan kemampuan biochar untuk meningkatkan C-organik tanah (Tabel 1). Tanah yang mengandung bahan organik lebih banyak akan lebih porous sehingga akar lebih berkembang dalam menyerap unsur hara yang diperlukan untuk pembentukan dan perkembangan daun. Hairiah (2000) menyatakan bahan organik yang bersifat porous menyebabkan pori pori tanah meningkat sehingga menurunkan berat jenis dan berat volume tanah bertekstur liat. Selanjutnya menurutnya Chan *et al.* (2007), penerapan biochar dapat meningkatkan sifat kimia dan fisik tanah seperti karbon organik, reaksi tanah, kapasitas tukar kation, struktur tanah, dan retensi air tanah. Menurut Widowati *et al.* (2014), aplikasi biochar pupuk kandang ayam menghasilkan jagung tertinggi pada dua musim tanam.

Perlakuan penggunaan pupuk NPK dapat meningkatkan pertumbuhan jumlah daun (Tabel 3). Pemupukan NPK berpengaruh positif terhadap pertumbuhan daun bawang merah pada media tanam yang 5 tahun menggunakan biochar.

Didukung oleh pernyataan Satara *et al.* (2021), penyusun enzim dan khlorofil dari nitrogen, transfer energi di dalam sel tanaman oleh P, dan aktivator enzim sintesa protein maupun metabolisme karbohidrat dari unsur K.

Tabel 3. Residu dosis biochar dan pemupukan NPK pada pertumbuhan jumlah daun di Vertisol

Perlakuan	Jumlah Daun pada Umur (MST)			
	3	4	5	6
Dosis Residu Biochar (g)				
0	15,44 a	25,78 a	33,50 a	36,39 a
250	22,39 b	32,44 c	42,44 c	43,89 b
500	20,22 b	29,28 b	37,06 b	41,11 b
BNT 5 %	2,45	2,85	3,26	3,40
Pemupukan NPK (g)				
Tidak dipupuk	18,81 a	27,11 a	33,96 a	37,22 a
Dipupuk	19,89 a	31,22 b	41,37 b	43,70 b
BNT 5 %	tn	2,33	2,66	2,78

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama artinya tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%, tn berarti tidak nyata

Produksi Tanaman Bawang Merah

Residu biochar dosis 250-500 g per *polybag* meningkatkan jumlah umbi bawang merah, namun belum mampu meningkatkan bobot basah umbi (Tabel 4). Peningkatan jumlah umbi berkaitan dengan C organik yang meningkat (Tabel 1) sehingga memberi pengaruh yang lebih baik terhadap kesuburan tanah. Zulkarnain *et al.* (2013) menjelaskan ada interaksi antara bahan organik tanah dan fraksi tanah sehingga ruang pori tanah dapat meningkat dan struktur tanah menjadi lebih baik. Dosis 250 g per *polybag* menghasilkan umbi terbanyak. Dalam waktu 5 tahun telah nampak adanya keberlanjutan pengaruh biochar terhadap peningkatan jumlah umbi tanaman bawang merah. Namun pemupukan NPK masih diperlukan untuk merangsang pembentukan dan peningkatan jumlah umbi. Supriadi dan Yoseva (2017) mengemukakan pemupukan NPK dapat meningkatkan hasil tanaman bawang merah.

Penggunaan biochar belum mampu meningkatkan bobot umbi tanaman bawang merah setelah 5 tahun pada Vertisol. Media tumbuh dalam *polybag* yang dibongkar dan dihancurkan pada penelitian ini dapat mempengaruhi kontinuitas ruang pori tanah untuk sirkulasi air dan udara sehingga dalam periode waktu tanam bawang merah tidak menunjukkan perbedaan diantara perlakuan dosis biochar. Rata-rata bobot basah umbi pada perlakuan residu biochar sebesar 51,56 g per tanaman. Hasil ini lebih kecil dari penelitian Nazirah *et al.* (2019) yang rata-rata bobot segar umbi sebesar 89,17 g per rumpun dengan tingkat dosis pupuk kandang ayam pada bawang merah. Namun demikian nilai kesinambungan produksi tanaman dengan sekali pemakaian biochar masih menunjukkan peningkatan jumlah umbi dalam waktu 5 tahun. Hal ini berbeda apabila jika menggunakan pupuk kandang konvensional seperti pupuk kandang yang perlu ditambah secara berulang setiap kali musim tanam. Namun hasil penelitian ini masih lebih besar dari penelitian Sopian *et al.* (2021) dengan perlakuan pupuk anorganik pada bawang merah dengan rata-rata hasil umbi sebesar 37,62 g per tanaman. Hasil penelitian Mayor *et al.* (2010), pemanfaatan biochar tidak menaikkan hasil jagung pada tahun pertama tetapi kenaikan hasil terus meningkat hingga tahun keempat.

Tabel 4. Residu biochar dan pemupukan NPK pada pertumbuhan jumlah umbi dan bobot basah umbi saat panen di Vertisol

Perlakuan	Jumlah Umbi	BB Umbi (g per <i>polybag</i>)
Dosis Residu Biochar (g)		
0	9,44 a	51,43 a
250	10,79 b	52,19 a
500	10,11 ab	51,07 a
BNT 5 %	0,90	tn
Pemupukan NPK (g)		
Tidak dipupuk	9,64 a	47,37 a
Dipupuk	10,59 b	55,76 b
BNT 5 %	0,74	3,00

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama artinya tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%, tn berarti tidak nyata

Ada kenaikan jumlah umbi dan bobot basah umbi bawang merah dengan pemupukan NPK. Hal ini menunjukkan media tanah pada tahun ke-5 telah kekurangan unsur hara NPK sehingga pemupukan anorganik nyata berpengaruh pada hasil tanaman. Menurut Puspitorini dan Budiman (2020), unsur P penting untuk akar yang nantinya dapat mendukung pertumbuhan umbi. Sebagaimana yang disampaikan oleh Siagian *et al* (2019), P berperan dalam pembentukan akar, peningkatan hasil biji dan umbi. Hasil penelitian Simanjuntak *et al.* (2013) kombinasi kompos dan NPK untuk pertumbuhan dan produksi bawang merah, akan tetapi penambahan pupuk NPK berpengaruh nyata terhadap peningkatan hasil bawang merah.

Residu biochar setelah 5 tahun aplikasi tidak nyata mempengaruhi bobot basah brangkasan+umbi dan diameter umbi (Tabel 5). Muhadiansyah *et al.*, (2016) mengemukakan jika faktor tumbuh terpenuhi (unsur hara dan media tumbuh) maka tanaman akan tumbuh dengan optimal. Pemberian pupuk majemuk NPK sangat nyata berpengaruh terhadap kenaikan umbi segar dan brangkasan serta diameter umbi (Tabel 5). Penelitian oleh Supriadi dan Yoseva (2017), hasil tanaman bawang merah naik dengan pupuk NPK yang berfungsi untuk pembentukan dan pembesaran umbi bawang merah.

Tabel 5. Residu biochar dan pemupukan NPK pada bobot basah brangkasan dan umbi, serta diameter umbi di Vertisol

Perlakuan	BB Brangkasan dan Umbi (g per pot)	Diameter Umbi (mm)
Dosis Residu Biochar (g)		
0	61,32 a	19,92 a
250	63,11 a	20,16 a
500	63,84 a	19,71 a
BNT 5 %	tn	tn
Pemupukan NPK (g)		
Tidak dipupuk	60,02 a	19,03 a
Dipupuk	65,49 b	20,83 b
BNT 5 %	2,24	0,78

Keterangan: Angka diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama artinya tidak berbeda nyata pada uji BNT 5%, tn berarti tidak nyata.

KESIMPULAN

Residu biochar 250-500 g per *polybag* pada tahun ke-lima setelah aplikasi masih berpengaruh terhadap kenaikan jumlah daun dan jumlah umbi bawang merah pada Vertisol. Penambahan pupuk majemuk NPK dengan dosis 1,50 g per *polybag* dengan 10 kg Vertisol dapat meningkatkan pertumbuhan, jumlah umbi dan bobot umbi pada Vertisol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Tanah dan Agronomi Universitas Tribhuwana Tungadewi, Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, B.L., Mallarino, A.P. 2006. Relationship between extractable soil phosphorus and phosphorus saturation after long term fertilizer and manure application. *Soil Science Society of America* 70: 454-563. ISSN:1435-0661.
- Asandhi, A.A., Nurtika, N., dan Sumarni, N. 2005. Optimasi Pupuk dalam Usaha tani LEISA Bawang Merah di Dataran Rendah. Lembang, Bandung.
- Astuti, D.H., Sani., Y.G. Yuandana, dan Karlin. 2018. Kajian karakteristik biochar dari batang tembakau, batang pepaya dan jerami padi dengan proses pirolisis. *Jurnal Teknik Kimia* 2(12): 41-46. <https://doi.org/10.33005/tekkim.v12i2.1083>.
- Bonanomi, G., Ippolito, F., Cesarano, G., Nanni, B., Lombardi, N., Rita, A., Saracino, A. and Scala, F. 2017. Biochar as plant growth promoter: Better off alone or mixed with organic amendments? *Frontiers in Plant Science* 8: 1570. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2017.01570>.
- Chan, K.Y., van Zwieten, B.L., Meszaros, I., Downie, D. and Joseph, S., 2008. Using poultry litter biochars as soil amendment. *Australian Journal of Soil Research* 45, 437-444. DOI: 10.1071/SR08036.
- Elisabeth, D. W., Santoso, M. dan Herlina, N. 2013. Pengaruh pemberian berbagai komposisi bahan organik pada pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 1(3): 21-29.
- Gani, A. 2009. Potensi arang hayati biochar sebagai komponen teknologi perbaikan produktivitas lahan pertanian. *Iptek Tanaman Pangan* 4(1), 35-36. ISSN: 1907-4263.
- Hairiah, K., Utami, S.R., Lusiana, B., van Noordwijk, M. 2000. Neraca hara dan karbon dalam sistem agroforestri. Bahan Ajar 6. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF). Bogor, 1-19.

- Hairiah, K. 2000. *Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi*. International Centre for Research in Agroforestry. Bogor.
- Hanafiah, K. A. 2014. *Dasar - Dasar Ilmu Tanah*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- Junaitri, M., Widowati, dan Hidayati, K. 2018. Pemanfaatan biochar dan pupuk kalium pada tanaman terong ungu (*Solanum melongena* L.) varietas Mustang di Vertisol. *Fakultas Pertanian*, 6(1). <https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/pertanian/article/view/808>. Diakses 9 November 2021.
- Kovda, I., Morgun, E., and Boutton, T.W. 2010. Vertic processes and specificity of organic matter properties and distribution in Vertisols. *Eurasian Soil Science* 13(43):1467-1476. <https://doi.org/10.1134/S1064229310130065>.
- Lahori, A.H., Guo, Z., Zhang, Z., Li, R., Mahar, A., Awasthi, M., Shern, E., Sial, T.A., Kumbhar, F., Wang, P. and Jiang, S. 2017. Use of biochar as an amendment for remediation of heavy metal contaminated soils: Prospects and challenges. *Pedosphere* 2 991-1014. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60490-9](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60490-9).
- Luta, D.A., Marahadi, S., Sabrina, T., Fitra, S.H. 2020. Peran aplikasi pembenah tanah terhadap sifat kimia tanah pada tanaman bawang merah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 7(1): 121-125.
- Martinus, E., Hamidah, H., dan Alida, L. 2017. Pengaruh pemberian pupuk kandang kerbau dan dosis pupuk anorganik terhadap hara N, P, K tanah, pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agroekoteknologi* 5(2): 265-270. E-ISSN: 2337- 6597.
- Mayor, J., Rondon, M., Molina, D., Susan, J.R., and Lehmann, J. 2010. Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant Soil* 333:117-128. <https://doi.org/10.1007/s11104-010-0327-0>.
- Muhadiansyah, T. O., Setyono, S., dan Adimihardja, S.A. 2016. Efektivitas pencampuran pupuk organik cair dalam nutrisi hidroponik pada pertumbuhan dan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agronida* 2(1): 37-46. DOI: <https://doi.org/10.30997/jag.v2i1.749>.
- Nazirah, L., dan Libra, D. I. 2019. Respon bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemotongan umbi dan aplikasi pupuk organik. *Jurnal Agrium* 16(2): 118-125. <https://doi.org/10.29103/agrium.v16i2.1940>.
- Nisa, K. 2010. Pengaruh Pemupukan NPK dan biochar terhadap sifat kimia tanah, serapan hara dan hasil tanaman padi sawah. Thesis. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Pakpahan, T.E., T. Hidayatullah dan E. Mardiana. 2020. Kajian sifat kimia tanah inceptisol dengan aplikasi biochar terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah. *Jurnal Agrosamudra* 1(7): 1-8. <https://doi.org/10.33059/jupas.v7i1.2309>.
- Pradita, L. 2019. Pengurangan pupuk kimia dengan aplikasi pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil bawang merah di Vertisol Bagor, Ngunjuk. Skrip, S1 Ilmu Tanah, Universitas Gadjah Mada.
- Puspitorini, P. dan Budiman, E.W. 2020. Stimulat auxin alami dan interaksinya dengan NPK anorganik untuk memacu pertumbuhan awal bibit dan meningkatkan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Agrika, Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 2(14): 201-210. <https://doi.org/10.31328/ja.v14i2.1616>.
- Putri, K. Y., Utomo, M., Afrianti, N. A., dan Afandi, A. 2020. Pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap permeabilitas tanah pada pertanian jagung (*Zea mays* L.) di lahan Politeknik Negeri Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika* 8(3): 547-554. <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v8i3.4454>.
- Rachman, L. M., Latifa, N., dan Nurida, N. L. 2015. Efek sistem pengolahan tanah terhadap bahan organik tanah, sifat fisik tanah dan produksi jagung pada tanah podsolik merah kuning di Kabupaten Lampung Timur. In: *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Palembang*.
- Rawat, J., Jyoti, S. and Pankaj, S. 2019. Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. In: *Biochar - An Imperative Amendment for Soil and the Environment*. 124 p. DOI: 10.5772/intechopen.82151.
- Sabran, I., Soge, Y.P. dan Wahyudi, H.I. 2015. Pengaruh pupuk kandang ayam bervariasi dosis terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaeae* L.) pada Entisol Sidera. *Jurnal Agrotekbis* 3(3): 297-302. <https://doi.org/10.31186/jipi.22.2.136-143>.
- Satara, M., Tingakene, E. dan Mambuhu, N. 2021. Kombinasi pupuk NPK dengan kompos kotoran ayam terhadap pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Celebes Agricultural* 2(1): 8-17. <https://doi.org/10.52045/jca.v1i2.44>.
- Sholehuddin, N., Widowati dan Fikrinda, W. 2019. Pemanfaatan Residu Biochar dan Perompesan Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Solanum lycopersium* L.) di Vertisol. *Publikasi Artikel Fakultas Pertanian, Universitas Tribuwana Tunggaladewi* 7(1). <https://publikasi.unitri.ac.id/index.php/pertanian/article/view/1516>. Diakses pada tanggal 9 November 2021.
- Siagian, T.V., Hidayat, F., dan Tyasmoro, S.Y. 2019. Pengaruh pemberian dosis pupuk NPK dan hayati terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman* 11(7): 2151-2160. ISSN: 2527-8452.
- Simanjuntak, A., Lahay, R.R., dan Purba, E. 2013. Respon pertumbuhan dan produksi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap pemberian pupuk NPK dan kompos kulit buah kopi. *Jurnal Online Agroteknologi* 3(1): 362-372. <https://doi.org/10.32734/jaet.v1i3.2273>.
- Sopian, A. 2021. Analisis pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah dengan pemberian pupuk mono kalim phosphate pada tanah sub optimal. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan* 20 (1): 17-24. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i1.5169>.
- Sukmasari, M.D., Dian, C.P., Adi, O.R.H. 2020. Variasi karakter agronomi bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) kultivar maja cipanas akibat pemberian pupuk kalium dan biofosfat di lahan Vertisol. *Jurnal Agroteknologi dan Sains* 4(2): 222-236. <http://dx.doi.org/10.52434/jagros.v4i2.926>.
- Supariadi, H., Yetti dan Yoseva, S. 2017. Pengaruh pemberian pupuk kandang dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Online Mahasiswa Faperta* 4(1): 1-11.
- Sutedjo M. 2010. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Jakarta (ID): Rineka Cipta. ISBN: 978-979-518-269-6.
- Vandani, Y., Kusmiyarti, T.B. dan Susila, K.D. 2020. Pengaruh paket pupuk organik, anorganik dan pupuk hayati terhadap sifat tanah dan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomea reptana* Poir) pada tanah Vertisol. *Jurnal Agrotrop* 10(2), 153-164. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2020.v10.i02.p05>

- Widowati and Asnah. 2014. Biochar effect on potassium fertilizer and leaching potassium dosage for two corn planting seasons. *Agrivita* 36(1): 65-71, doi: 10.17503/Agrivita-2014-36-1-p065-071. <https://doi.org/10.17503/Agrivita-2014-36-1-p065-071>.
- Widowati, Astutik, Sumiati, A., Fikrinda, W. 2017. Residual effect of potassium fertilizer and biochar on growth and yield of maize in the second season. *Journal of Degraded and Mining Lands Management* 4(4):881-889. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2017.044.881>.
- Widowati, Sutoyo, Karamina, H. and Fikrinda, W. 2020. Biochar and organic fertilizer utilization in enhancing corn yield on various types of dryland. *Agriculture And Natural Resources*, 54: 665-672. <https://doi.org/10.34044/j.anres.2020.54.6.13>.
- Zulkarnain, M., Budi, P. dan Soemarno. 2013. Pengaruh kompos, pupuk kandang dan custom-bioterhadap sifat tanah, pertumbuhan dan hasil tebu (*Saccharum Officinarum* L.) pada Entisol di kebun Ngrangkah-Pawon, Kediri. *Indonesian Green Technology Journal* 2(1): 45-52. ISBN: 2355-4010; e-ISSN: 2338-1787.