

Improving the chemical quality of sandy-textured soil and shallot (*Allium cepa* L.) yields using biochar and clay

Peningkatan kualitas kimia tanah bertekstur pasir dan hasil bawang merah (*Allium cepa* L.) menggunakan biochar dan tanah liat

Raesa Sakinah Siregar, Khusrizal*, Yusra, Nasruddin

Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Malikussaleh, Aceh, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Apr 14, 2023

Accepted: June 18, 2023

Available Online: July 12, 2023

Keywords:

rice husk biochar,
soil fertility,
soil fraction,
shallot crop,
clay

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2023, 20 (2) 177-188

DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.13760>

ABSTRACT

Sandy soils are known as low-fertility soils due to the soil's limited physical, chemical, and biological properties. Rice husk biochar and clay soil are organic and inorganic materials that can improve soil quality levels. This study aims to improve the chemical quality of sandy soil and shallot crop yields using rice husk biochar and clay. The study was arranged using a factorial randomized block design, with rice husk biochar as the first factor and soil clay as the second factor. Rice husk biochar consisted of four levels, and three levels for clay. The chemical properties of the soil observed included pH, organic-C, cation exchange capacity (CEC), available-P (av-P), and exchangeable-K (K-ex). The yield of shallots was measured as the number of tubers and each tuber's wet and dry weight. The result showed that soil pH tended to vary and decreased from 6.9 in the initial soil to 6.4. Organic-C content increased from 0.11% initial soil to 0.31% and CEC from 6.80 cmol/kg initial soil to 19.60 cmol/kg. Av-P and K-ex levels varied and increased, where av-P increased from 97.65 mg/kg of the initial soil to 105.15 mg/kg, and K-ex levels increased from 0.20 cmol/kg of the initial soil to 0.65 cmol/kg. The combination of rice husk biochar and clay had no significant effect on the shallot yield. Rice husk biochar and clay could improve the chemical quality of sandy-textured soil. Both rice husk biochar and clay independently increase shallot yields.

ABSTRAK

Tanah berpasir dikenal sebagai tanah berkesuburan rendah dikarenakan keterbatasan sifat-sifat fisik, kimia, dan biologi tanahnya. Biochar sekam padi dan tanah liat adalah materi organik dan anorganik yang mampu memperbaiki harkat atau kualitas tanah. Penelitian ini bermaksud untuk meningkatkan kualitas kimia tanah berpasir dan hasil tanaman bawang merah dengan menggunakan biochar sekam padi dan tanah liat. Penelitian ditata menggunakan rancangan acak kelompok faktorial, yaitu biochar sekam padi sebagai faktor pertama, dan tanah liat sebagai faktor kedua. Biochar sekam padi terdiri dari empat taraf dan tanah liat digunakan tiga taraf. Sifat kimia tanah yang diamati meliputi pH, C-organik, kapasitas tukar kation (KTK), P-tersedia, dan kalium dapat tukar (K-dd). Hasil tanaman bawang merah yang diukur adalah jumlah umbi, berat basah umbi dan berat kering umbi. Hasilnya adalah pH tanah cenderung bervariasi dan menurun dari 6.9 tanah awal menjadi 6.4. Kadar C-organik meningkat dari 0.11% tanah awal menjadi 0.31%, KTK dari 6.80 cmol/kg tanah awal menjadi 19.60 cmol/kg. Kadar P-tersedia dan K-dd bervariasi dan juga mengalami peningkatan, di mana P-tersedia meningkat dari 97.65 mg/kg tanah awal menjadi 105.15 mg/kg, dan kadar K-dd dari 0.20 cmol/kg tanah awal menjadi 0.65 cmol/kg. Kombinasi biochar sekam padi dan tanah liat tidak berinteraksi nyata terhadap hasil bawang merah. Biochar sekam padi dan tanah liat mampu meningkatkan kualitas kimia tanah bertekstur pasir, secara mandiri baik biochar sekam padi maupun tanah liat dapat meningkatkan hasil bawang merah.

Corresponding author

E-mail: khusrizal@unimal.ac.id

PENDAHULUAN

Tanah bertekstur pasir atau tanah berpasir dicirikan oleh dominannya fraksi pasir yaitu > 68% dan rendahnya fraksi liat <18% (Djajadi et al., 2012). Sebaran tanah ini di dunia relatif luas, diperkirakan mencapai 900 juta ha (Yost & Hartemink, 2019) dan di Indonesia berjumlah sekitar 2.1 juta ha (Sulaeman & Sukarman, 2021). Tanah-tanah tersebut dapat ditemukan pada berbagai posisi lanskap, seperti dataran pantai, lingkungan erupsi abu vulkanis baru, dan pada topografi lipatan yang terbentuk dari batuan sedimen (Alaily, 1987; Sulaeman & Sukarman, 2021). Tanah ini dapat terbentuk di bawah semua tipe iklim, sehingga dikenal beberapa ordo tanah yang tergolong tanah bertekstur pasir seperti Entisols, Inceptisols, Alfisols, Ultisols, dan Spodosols (Yost & Hartemink, 2019; Bockheim et al., 2020). Kualitas atau tingkat produktivitas tanah berpasir bervariasi tergantung bahan induk dan lingkungan pedogenesisnya, secara umum tergolong rendah, sehingga terkategori memiliki harkat kesuburan rendah, baik kesuburan fisik, kimia, maupun biologi tanah (Huang & Hartemink, 2020).

Tanah berpasir memiliki kemampuan retensi air, kemantapan agregat, dan porositas yang rendah, sedangkan nilai *bulk density* dan suhu tanah relatif tinggi (Bruand et al., 2005). Kualitas kesuburan kimia dan biologi tanah berpasir seperti karbon organik (C-organik), kapasitas tukar kation (KTK), kadar unsur hara, dan jumlah serta aktivitas mikroorganisme juga rendah (Jaskulska et al., 2020). Sementara nilai pH tanah berkisar netral hingga alkali, namun sangat bergantung pada jenis tanahnya, misalnya ordo Ultisols, nilai pH tanah ini dapat terkategori masam (Bockheim et al., 2020). Pengelolaan dan pembenahan tanah-tanah berpasir untuk meningkatkan kualitasnya dapat dilakukan dengan beberapa cara, di antaranya melalui input bahan organik (BO) dan anorganik (Ozores-Hampton et al., 2011; Khusrizal et al., 2021; Liu et al., 2022). Salah satu jenis bahan organik yang mudah dan banyak tersedia serta mampu meningkatkan kualitas tanah adalah biochar, termasuk biochar sekam padi (Fu et al., 2021; Supriyadi et al., 2022). Sementara bahan anorganik yang dapat digunakan untuk pembenahan tanah berpasir di antaranya tanah liat (Djajadi et al., 2012; Tahir & Marschner, 2016).

Berbagai studi melaporkan biochar secara nyata meningkatkan porositas, jumlah pori mikro, retensi air tanah (19.3 mm/m menjadi 60.8 mm/m), kapasitas lapang, indeks struktur tanah, dan kemantapan agregat (Baiamonte et al., 2019; Fu et al., 2021). Biochar juga berpengaruh terhadap sifat kimia dan biologi tanah, yaitu mampu meningkatkan nilai KTK dan kadar unsur hara tanah, selanjutnya menurunkan nilai salinitas dan pH tanah alkali, serta mendorong aktivitas dan jumlah mikroorganisme tanah (Ghorbani et al., 2019; Singh et al., 2022). Sun et al. (2022) turut melaporkan bahwa pemberian biochar sekam padi sebanyak 1 dan 3% mampu meningkatkan secara nyata nilai KTK pada tanah pasir berlempung masing-masing sebesar 20 dan 30%. Selain itu yang juga menarik adalah pemberian biochar sekam padi tersebut dapat mengurangi pencucian N. Studi berikutnya melaporkan biochar sekam padi telah meningkatkan nilai kemantapan agregat, C-organik, dan N-total tanah Ultisols bertekstur kasar (Ebido et al., 2021).

Penggunaan tanah liat Vertisols dan Inceptisols masing-masing terbukti mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah berpasir lahan pantai (Muchtar & Soelaeman, 2018). Penggunaan bersama tanah liat dan BO dapat meningkatkan stabilitas agregasi tanah, terutama makroagregat, total porositas tanah, kadar air tersedia, dan menurunkan kepadatan tanah (Djajadi et al., 2012). Biochar yang dikombinasikan dengan tanah kaya liat juga mampu meningkatkan daya simpan air tanah, bulk density (BD), permeabilitas, pH, KTK, C-organik, N-total, P, dan hasil tanaman kacang pada tanah berpasir (Thi et al., 2021). Penambahan liat pada tanah berpasir juga dapat meningkatkan unsur hara tersedia N, P, dan kadar C-organik, serta biomassa tanah (Tahir & Marschner, 2017).

Bawang merah (*Allium cepa* L.) dikenal sebagai tanaman fungsional dan sangat prospektif, dan Indonesia turut berperan sebagai salah satu negara pengekspor bawang merah (Sulistyaningsih et al., 2020; Gunawan et al., 2021), sehingga menjadi bagian penambah devisa negara. Upaya-upaya yang harus terus dilakukan untuk mempertahankan dan meningkatkan pertumbuhan dan hasil bawang merah adalah melalui teknologi budidaya, terutama perluasan dan peningkatan kualitas lahan yaitu melalui pemanfaatan teknologi pembenah tanah pada tanah berpasir potensial.

Peran biochar sekam padi dan tanah liat, sebagai salah satu bentuk input teknologi dalam meningkatkan kualitas tanah berpasir ordo Entisols dataran pantai, dan kaitannya dengan hasil bawang merah, informasinya masih sangat terbatas. Studi-studi sebelumnya hanya mengkaji pengaruh biochar dan kompos terhadap perbedaan kultivar bawang merah dan pertumbuhan serta serapan haranya pada tanah berpasir (Rahayu et al., 2019), implikasi penggunaan biochar dan N terhadap pertumbuhan bawang merah (Abdarah et al., 2021), efek pemberian biochar dan *eco-enzym* pada pertumbuhan dan hasil bawang merah (Jaya et al., 2021), dampak aplikasi biochar dan pupuk NPK pada tanah Vertisols dan hasil bawang merah (Oswaldus et al., 2022). Oleh sebab itu, studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap peningkatan kualitas kimia tanah bertekstur pasir dan hasil tanaman bawang merah, yang dipandang berbeda dengan kajian terdahulu.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dalam polybag ini dilaksanakan di kebun percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Malikussaleh (Unimal), Kampus Reuleut, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara, Indonesia. Secara geografi terletak pada titik koordinat 5°14'02.6" LU dan 96°59'17.3" BT, dan pada elevasi 16 meter di atas permukaan laut (mdpl). Wilayah ini memiliki tipe iklim B, dengan rerata curah hujan 1,488.75 mm/tahun dan rerata suhu optimum 27.7 °C/tahun. Bahan yang digunakan dalam kajian ini meliputi bahan tanah bertekstur pasir dan tanah liat dari kedalaman 0-20 cm (*top soil*). Tanah bertekstur pasir merupakan tanah Entisols yang berasal dari sekitar dataran pantai Desa Bangka Jaya Kecamatan Dewantara (5°15'07.3" LU dan 97°01'05.4" BT), Kabupaten Aceh Utara. Sementara tanah liat dengan ordo Inceptisols diambil dari Desa Reuleut Timur, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara (5°14'18.7" LU dan 96°59'24.7" BT). Penentuan nama kedua ordo tanah tersebut mengacu pada hasil kajian Khusrizal (2009). Sekam padi yang digunakan sebagai bahan pembuat biochar bersumber dari hasil proses penggilingan padi masyarakat di Desa Reuleut Timur, Kecamatan Muara Batu, Kabupaten Aceh Utara. Bahan tanah berpasir, tanah liat, dan biochar sekam padi sebelum diperlakukan, terlebih dahulu analisis sifat-sifatnya sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis awal sifat-sifat tanah berpasir Entisols, tanah liat Inceptisols, dan biochar sekam padi.

No.	Parameter	Satuan	Metode	Tanah berpasir	Tanah liat	Biochar
1	Tekstur : Pasir	%	Pipet & Penyaringan	82.10	1.12	-
	Debu	%	Pipet & Penyaringan	12.15	0	-
	Liat	%	Pipet & Penyaringan	5.75	98.8	-
2	Kadar air	%	Gravimetri	-	-	8.04
3	pH H ₂ O (1:2.5)	-	Elektrometri	6.9 ⁺	-	7.9 ⁺
5	N-total	%	Kjehdal	-	-	0.23
6	C-organik	%	Walkle & Black	0.11 ⁻	-	37.52
7	KTK	cmol _c kg ⁻¹	NH ₄ OAc pH 7.0	6.80 ⁺⁻	-	28.29
8	P-tersedia	mg kg ⁻¹	Bray-II	97.65 ⁺⁺⁺	-	1.17
9	P-total	%	Spectrophotometri	-	-	0.09
10	K-dapat ditukar	cmol _c kg ⁻¹	NH ₄ OAc pH 7.0	0.20 ⁺⁻	-	-
11	K-total	mg/kg	Spectrophotometri	-	-	0.79

Keterangan: --(sangat rendah); -(rendah); +(netral); ++(tinggi); +++(sangat tinggi)

Bahan-bahan lain yang digunakan di antaranya benih tanaman bawang merah varietas Tajuk, polybag ukuran 30 × 30 cm, dan bahan kimia yang digunakan dalam proses analisis sifat-sifat tanah yaitu akuades (CV. Karunia Makmur Persada, Indonesia), amonium asetat 1M pH 7.0 (PT. Brataco Chemica, Indonesia), asam sulfat pekat dan kalium dikromat 1N amonium fluoride, amonium molibdat dan asam askorbat (PT. Varka Bayak, Indonesia).

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu dosis biochar sekam padi (B) yang terdiri dari 4 taraf, yaitu B₀ 0 g/polybag (0 t/ha), B₁ 30 g/polybag (10 t/ha), B₂ 60 g/polybag (20 t/ha), B₃ 90 g/polybag

(30 t/ha). Faktor kedua adalah tanah liat (T) sebanyak 3 taraf, yaitu T_0 (0 kg/polybag) T_1 (2 kg/polybag) dan T_2 (4 kg/polybag). Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga secara keseluruhan diperoleh 36 unit percobaan.

Materi perlakuan yaitu bahan tanah liat Inceptisols dan Entisols yang digunakan diambil dari kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah. Tanah ini dibersihkan dari kotoran lalu dikering anginkan dan diayak dengan ayakan 10 mesh (2.0 mm). Sedangkan biochar sekam padi dibuat dengan cara sederhana yang menempatkan sekam padi ke dalam tungku tanah. Tungku tanah tersebut dibuat dengan menggali tanah menyerupai setengah bola berukuran diameter 1.5 m dan kedalaman 50 cm sebagaimana yang dilakukan oleh Nurida et al. (2015). Cerobong asap yang terbuat dari pelat seng dan berdiameter sekitar 30 cm digunakan sebagai media suplai oksigen. Sekam padi ditempatkan ke dalam tungku tanah yang telah disiapkan dan di tengah sekam padi diletakkan cerobong asapnya. Selanjutnya sekam padi tersebut dibakar dari dalam cerobong asap dengan ranting-ranting kayu kering selama 10 jam atau hingga warnanya abu-abu kehitaman dan porous (Surdianto et al., 2015).

Untuk perlakuan, sebanyak 6 kg tanah Entisol yang sudah diayak dimasukkan ke dalam polybag untuk perlakuan T_0 , sedangkan pada perlakuan dengan tanah liat, yaitu perlakuan T_1 dan T_2 , bobotnya masing-masing hanya sejumlah 4 dan 2 kg, sehingga bobot tanah dalam setiap polybag adalah sama yaitu 6 kg. Tanah dalam setiap polybag tersebut dikeluarkan lalu diberi perlakuan biochar dan tanah liat sesuai dosis dengan cara mencampurnya secara merata, kemudian dimasukkan kembali, dan diinkubasi selama 2 minggu (Zhao et al., 2015). Dalam masa inkubasi dilakukan penyiraman untuk menjaga kelembaban tanah dan memudahkan pelepasan hara. Setelah 2 minggu dibuat lubang tanam pada setiap polybag untuk penanaman benih bawang merah. Sebelum benih ditanam terlebih dahulu dipilih benih yang normal dan seragam, juga dilakukan pemotongan 1/3 bagian ujung benih tanaman guna mempercepat proses pertumbuhan (Sinaga et al., 2021). Jumlah benih yang ditanam per polybag sebanyak 2 benih, kemudian setelah 2 minggu benih yang tidak tumbuh baik dicabut/buang, dan tinggal satu benih hingga tanaman dipanen. Penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan air kapasitas lapang, dan untuk mencegah serangan penyakit layu *fusarium*, bibit bawang merah diberi perlakuan dengan penyemprotan fungisida dengan bahan aktif *mancozeb*. Gulma-gulma yang tumbuh selama periode pertumbuhan telah dilakukan penyiangan dengan cara manual.

Pada akhir masa penanaman atau panen, dilakukan pengamatan terhadap hasil tanaman bawang merah yaitu jumlah umbi per tanaman, berat basah umbi (g), dan berat kering umbi (g). Jumlah umbi diamati dengan cara menghitung umbi dalam satu tanaman pada masing-masing tanaman sampel dalam satu lubang tanam. Penimbangan berat basah umbi tanaman dilakukan pada akhir penelitian yakni saat tanaman berumur 55 hari setelah tanam (HST). Setelah tanaman dibersihkan, dilakukan penimbangan menggunakan timbangan analitik. Pengamatan berat kering tanaman dilakukan pada umur 55 HST dengan terlebih dahulu dioven pada suhu 70 °C selama 48 jam sampai bobot kering tanaman konstan, pengukurannya dengan menggunakan timbangan analitik. Selanjutnya dalam waktu bersamaan juga diambil sampel tanah setiap perlakuan sebanyak 1 kg, dan dikering anginkan serta diayak dengan ayakan 10 mesh guna dilakukan analisis sifat-sifat tanah di laboratorium. Adapun sifat tanah yang dianalisis meliputi pH H_2O (tanah/air 1:2.5)-(pH meter, Model 330i Wissenschaftlich-Technische Werkstat GmbH, Weilheim, Germany) (FAO, 2021b), C-organik-% (Walkley & Black) (Nelson & Sommers, 1996), KTK-me/100 g (ekstraksi NH_4OAc 1M pH 7.0 dengan Atomic Adsorption Spectrophotometri-Model AA 220, Varian Sydney Australia) (Hajek et al., 1972), P-tersedia-ppm (Bray-II, Spectrophotometri) (FAO, 2021a), dan K-dapat ditukar-me/100 g (ekstraksi NH_4OAc 1M pH 7.0 dengan Atomic Adsorption Spectrophotometri-Model AA 220, Varian Sydney Australia) (Hajek et al., 1972).

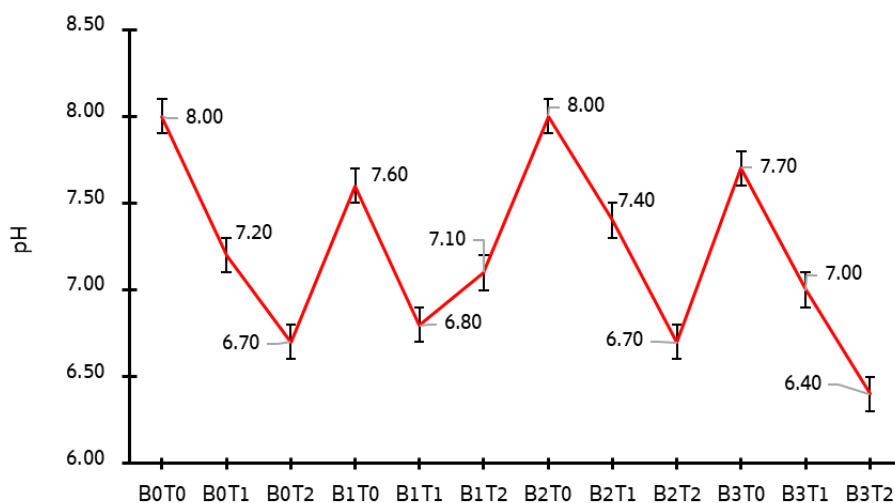
HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH tanah

Hasil kajian penggunaan biochar dan tanah liat terhadap nilai pH tanah berpasir disajikan pada Gambar 1. Besaran nilai pH yang diperoleh berkisar 6.4 hingga 8.0. Nilai tertinggi sebesar 8.0 ditemukan pada perlakuan B_0T_0 (tanpa biochar dan tanpa tanah liat) dan B_2T_0 (biochar 20 t/ha dan tanpa tanah liat). Nilai pH tanah paling rendah 6.4 dijumpai pada perlakuan B_3T_2

(biochar 30 t/ha dan 4 kg tanah liat). Nilai pH 8.0 tergolong agak alkali, dan tinggi nilai pH pada kedua perlakuan ini masih sangat dipengaruhi tanah berpasir, karena tanah berpasir yang berasal dari dataran pantai yang diketahui mempunyai nilai pH tinggi akibat adanya pengaruh unsur-unsur basa, terutama natrium (Na). Na yang terurai dari NaCl dapat membuat nilai pH tanah alkali dan stabil, alasan ini sesuai dengan pernyataan Yu et al. (2014) dan Arulmathi dan Porkodi (2020) yang menurut keduanya tanah-tanah berpasir dari kawasan pantai mempunyai pH alkali bahkan salin, karena banyak terkandung NaCl dan NaSO₄.

Pemberian biochar sebanyak 60 g/polybag tanpa tanah liat ternyata tidak mengubah nilai pH tanah asli. Kondisi berbeda ditunjukkan oleh nilai pH tanah terendah 6.4, dan nilai ini termasuk berkriteria agak masam. Fenomena tersebut justru terjadi akibat peningkatan jumlah biochar menjadi 30 t/ha ditambah dengan pemberian tanah liat sebanyak 4 kg/polybag. Menurunnya nilai pH dari 8.0 menjadi 6.4 dapat dipahami, yang mana biochar adalah salah satu jenis BO. Proses penghancuran BO akan menghasilkan asam-asam organik sehingga dapat menurunkan nilai pH tanah. Kenyataan ini sejalan dengan hasil kajian Liu dan Zang (2012) yang mengungkapkan bahwa pemberian biochar dalam waktu yang relatif lama mampu menurunkan nilai pH tanah berpasir alkali dengan nyata. Selanjutnya ungkapan yang sama juga dikemukakan Gondek et al. (2019) bahwa nilai pH tanah-tanah berpasir menurun setelah pemberian biochar. Biochar dapat menghasilkan bahan-bahan asam dari hasil oksidasi dan dekomposisinya dalam tanah, utamanya di permukaan tanah (Hong et al., 2019). Oksidasi ini dapat terjadi karena biochar bersifat tidak lembab di dalam tanah, yang melalui aktivitas kimia dan mikroba, oksidasi lambat biochar ini akan menghasilkan gugus fungsi karboksilat (Dias et al., 2010). Selain itu, hasil oksidasi biochar juga akan mendorong terbentuknya gugus fungsional asam, yang mana gugus ini dapat menetralkan alkalinitas, dan akhirnya menurunkan pH tanah (Zavalloni et al., 2011). Kehadiran liat bersama biochar sekam padi pada perlakuan ini diperkirakan mampu mempertahankan nilai pH tanah tersebut tetap stabil. Hal ini sangat dimungkinkan mengingat selain biochar bersifat alkali, tanah liat juga dapat bertindak sebagai penyangga karena bersifat koloidal, sehingga kation dalam larutan berada pada konsentrasi seimbang (Shi et al., 2017).

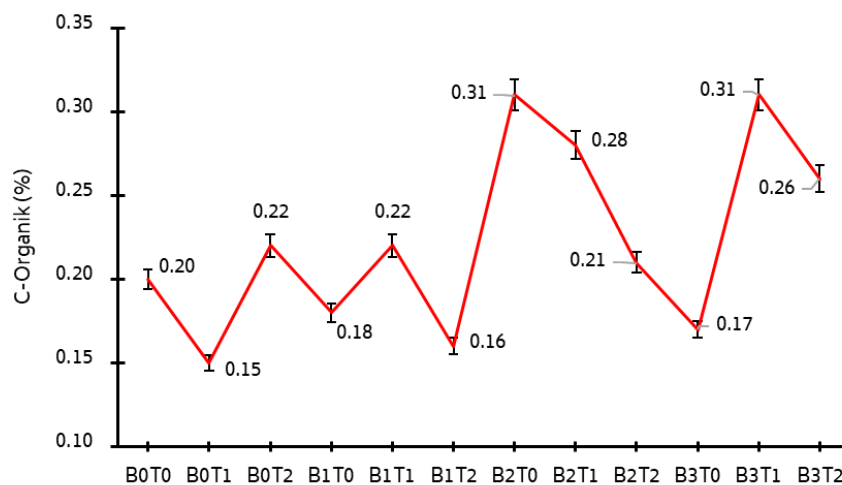


Gambar 1. Pengaruh penggunaan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap pH tanah.

Kadar karbon organik

Gambar 2 menyajikan kadar C-organik tanah berpasir setelah diperlakukan dengan biochar sekam padi dan tanah liat. Kadar C-organik tersebut berkisar 0.15 hingga 0.31% yang tergolong kriteria sangat rendah. Kadar tertinggi 0.31% didapat pada perlakuan pemberian biochar 60 g/polybag dan tanpa tanah liat, serta pada perlakuan biochar 90 g/polybag dan 2 kg/polybag tanah liat. Kadar paling rendah 0.15% dijumpai pada perlakuan tanpa biochar dan tanah liat 2 kg/polybag. Kadar terendah sebesar 0.15% masih lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kadar C-organik pada tanah awal yang hanya senilai 0.11% (Tabel 1). Dengan demikian dapat dinyatakan pemanfaatan biochar sekam padi dan tanah liat mampu meningkatkan kadar C-organik tanah berpasir. Peningkatan ini diduga disebabkan perlakuan biochar yang diberikan, di mana biochar tersebut memiliki kadar C-organik tinggi, yang mencapai 37.52% (Tabel 1).

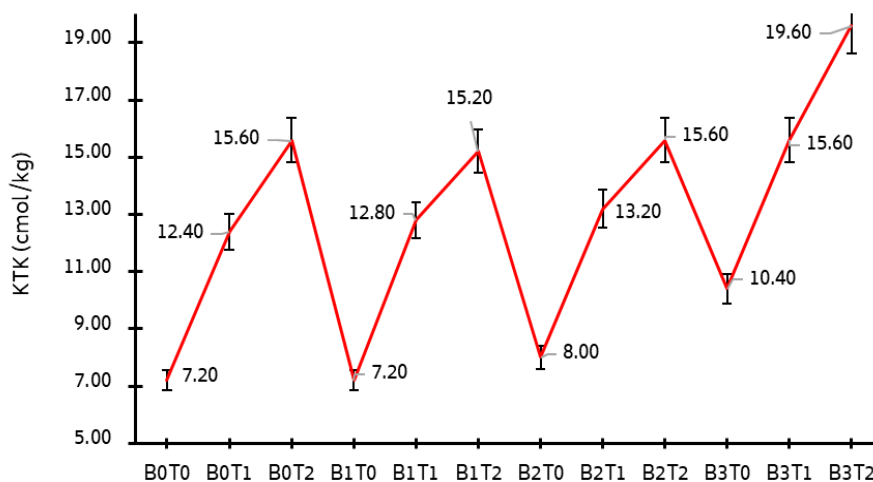
Biochar yang ditempatkan ke dalam tanah akan meningkatkan kadar karbon organik tanah, dan dapat mencegah unsur tersebut menjadi CO_2 (Sarwono, 2016). Hasil serupa juga disampaikan dalam kajian Yang et al. (2022), bahwa biochar mampu meningkatkan kadar C-organik pada tanah lempung berpasir, dan akan lebih stabil pada tanah yang mengandung banyak liat. BO organik dapat bersinergi dengan liat dalam peningkatan kadar karbon organik tanah sebagaimana dilaporkan (Rendana et al., 2019).



Gambar 2. Pengaruh penggunaan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap kadar C-organik.

Kapasitas tukar kation

Nilai-nilai KTK dari hasil kajian ini dapat dilihat pada Gambar 3, di mana nilai tersebut berkisar 7.2 hingga 19.6 cmol_c/kg , yang terkategori rendah sampai sedang. Nilai paling tinggi dijumpai pada perlakuan penggunaan biochar 90 g/polybag dan tanah liat 4 kg/polybag. Apabila diperhatikan, nilai KTK ini lebih tinggi dibandingkan dengan nilai KTK pada tanah awal sebelum perlakuan yang hanya sebesar 6.8 cmol_c/kg .



Gambar 3. Pengaruh biochar sekam padi dan tanah liat terhadap KTK tanah.

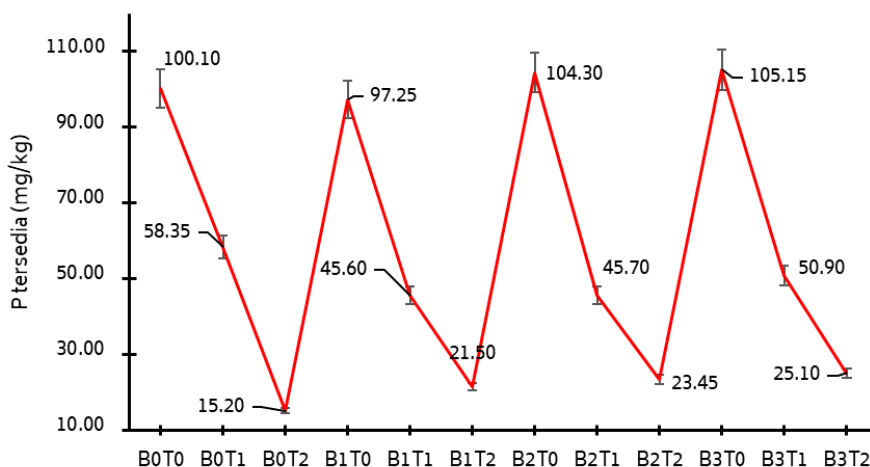
Fakta tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan biochar dan tanah liat hingga dalam jumlah atau dosis maksimal pada perlakuan ini telah meningkatkan nilai KTK tanah berpasir dari kategori rendah menjadi sedang. Kenyataan ini merupakan suatu hal yang tepat mengingat biochar dan tanah liat dapat berperan sebagai koloid. Biochar sebagai bahan organik adalah suatu bentuk koloid organik yang mempunyai luas permukaan lebih besar dari koloid mineral karena muatan negatifnya bersumber dari gugus hidroksil dan fenolik (Yang et al., 2020). Sementara tanah liat adalah materi mineral paling halus yang juga memiliki luas permukaan tinggi sehingga kemampuan koloidalnya juga tinggi (Alemayehu & Teshome, 2021). Gabungan kedua bentuk koloid organik dan anorganik tersebut telah mendorong peningkatan proses penyerapan dan pertukaran kation menjadi tinggi. Hasil kajian yang dilaporkan Prakongkep et al. (2020) menunjukkan

biochar telah meningkatkan KTK tanah berpasir yang digarap sebagai lahan pertanian organik. Hasil kajian pemberian biochar dan tanah liat pada tanah bertekstur pasir ini dapat meningkatkan KTK juga masih sejalan dengan hasil kajian yang disampaikan Nesic et al. (2015) bahwa kadar liat dan humus mampu meningkatkan nilai KTK dengan tinggi, dari 12.03 cmol/kg menjadi 46.06 cmol/kg.

Fosfor tersedia

Gambar 4 memperlihatkan kadar P-tersedia tanah berpasir setelah pemberian biochar dan tanah liat. Besaran kadar P-tersedia tersebut berkisar 15.20-105.15 ppm yang tergolong kepada kriteria sangat tinggi, dan nilai-nilai kadar P-tersedia dimaksud sangat bervariasi. Nilai P-tersedia tertinggi dijumpai pada perlakuan pemberian biochar 90 g/polybag dan tanpa aplikasi tanah liat, sedangkan kadar P-tersedia paling rendah ditemukan pada pemberian tanpa biochar dan 2 kg tanah liat/polybag. Berdasarkan data pada Gambar 4 juga terlihat bahwa pada setiap perlakuan tanah justru kadar P-tersedia tanah rendah atau menurun, meskipun tetap dalam kriteria sangat tinggi, semakin tinggi bobot tanah liat yang diberikan akan semakin rendah kadar P-tersedia.

Kadar P-tersedia semakin meningkat seiring dengan peningkatan dosis biochar. Perihal dapat terjadi dikarenakan biochar mengandung sejumlah unsur hara, termasuk P yang apabila proses dekomposisinya berjalan baik, maka pelepasan unsur P meningkat dan tersedia di dalam tanah. Fenomena yang sama juga dilaporkan Glaser dan Lehr (2019) bahwa tanah-tanah akan meningkat kadar P-tersedianya jika ditambahkan biochar. Perihal ini dikarenakan biochar dapat meretensi unsur P sehingga P lebih stabil di dalam tanah. Selain itu sebagai bahan organik, biochar juga dapat membentuk senyawa khelat dengan ion-ion logam baik Al^{3+} , $Fe^{2/3+}$, maupun Mn^{2+} dan P bebas dalam larutan tanah (Supriyadi et al., 2022). Biochar yang diaplikasi juga mampu mempengaruhi sifat-sifat tanah berpasir dan meningkatkan ketersediaan unsur hara (Knoblauch et al., 2021).



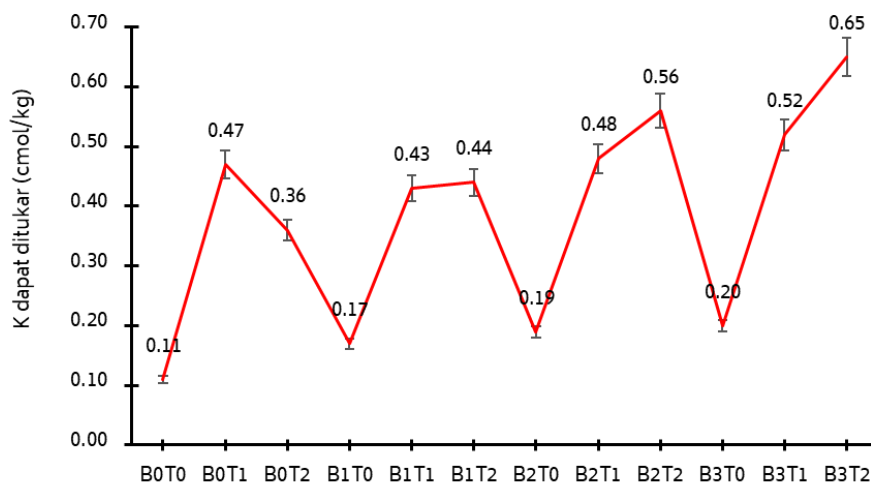
Gambar 4. Pengaruh perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap P-tersedia.

Rendah atau menurunnya kadar P-tersedia pada setiap perlakuan pemberian tanah liat dapat dipahami karena liat salah satu bahan koloid anorganik tanah yang umumnya bermuatan negatif. Kadar P-tersedia baik dalam bentuk ion orthophospat primer maupun sekunder merupakan unsur dalam bentuk anion, di mana anion-anion ini tidak dapat terjerap pada koloid yang bermuatan negatif sehingga terbebas dalam larutan yang kemudian hilang tercuci. Rendahnya P-tersedia karena mengalami pencucian juga dilaporkan oleh Ulén dan Etana (2014), dan kajian Jian et al. (2022) juga menyatakan bahwa kadar P-tersedia cenderung menurun pada tanah-tanah dengan kadar liat dan BD yang semakin meningkat.

Kalium dapat ditukar

Hasil penetapan kadar kalium dapat ditukar (K-dd) akibat perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat berkisar 0.11 – 0.65 me/100 g, dan termasuk kriteria rendah hingga tinggi. Nilai tertinggi 0.65 me/100 g dijumpai pada perlakuan pemberian

biochar sekam padi sebanyak 90 g/polybag dan tanah liat sebesar 4 kg/polybag. Sementara kadar K-dd paling rendah 0.11 me/100 g terdapat pada perlakuan tanpa biochar dan tanpa tanah liat. Meskipun perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat menunjukkan kadar K-dd yang bervariasi, namun cenderung meningkat seiring meningkatnya dosis biochar dan jumlah tanah liat. Peningkatan kadar K tersebut dapat diduga bersumber dari proses dekomposisi biochar yang relatif kaya akan unsur K dan sifat koloidal tanah liat sehingga mendorong peningkatan K-dd, kajian yang sama juga dinyatakan Wang et al. (2018), bahwa kalium tanah meningkat dengan pemberian biochar. Gu et al. (2022) juga berpendapat sama di mana aplikasi biochar dalam jangka lama telah meningkatkan kadar ketersediaan K, termasuk N, dan P tanah dan hasil padi. Pada sisi lain, tanah liat mampu meningkatkan unsur K karena bersifat koloid, di mana koloid yang juga dikenal sebagai mineral liat dapat menahan K dalam struktur lapisnya, yang kemudian membebaskannya sehingga K tersedia di dalam tanah, dan K yang ditahan ini juga dapat terhindar dari proses pencucian (Hargreaves, 2015).



Gambar 5. Pengaruh perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap K-dd

Hasil bawang merah

Data rekapitulasi analisis sidik ragam pengaruh biochar sekam padi dan tanah liat terhadap hasil bawang merah, yaitu jumlah umbi, berat basah umbi, dan berat kering umbi disajikan pada Tabel 2. Data pada Tabel 2 tersebut menunjukkan di mana penggunaan bersama biochar sekam padi dan tanah liat tidak berinteraksi nyata terhadap hasil bawang merah. Kondisi mengartikan bahwa antar perlakuan kombinasi tidak signifikan, yang diperkirakan adanya perubahan respon yang dapat disebabkan oleh pengaruh galat maupun reisdus, sehingga kerjasama antar faktor kombinasinya menjadi bebas satu dan lainnya (Tenaya, 2015).

Tabel 2. Rekapitulasi hasil sidik ragam perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap hasil bawang merah

Parameter	(B)	(T)	(B x T)	KK (%)
Jumlah Umbi	12.29 **	8.06 *	2.41 tn	13.29
Berat Basah Umbi (g)	10.21 **	5.36 *	1.60 tn	16.95
Berat Kering Umbi (g)	6.52**	3.30 tn	1.31 tn	16.95

Keterangan: *) Berbeda nyata, **berbeda sangat nyata; tn) tidak berbeda nyata B= Biochar sekam padi; T= Tanah liat; BxT= biochar sekam padi + Tanah liat; KK= koefisien keragaman.

Meskipun pemberian biochar sekam padi dan tanah liat tidak menunjukkan adanya interaksi nyata terhadap hasil bawang, namun secara tunggal biochar sekam padi terlihat berpengaruh sangat nyata terhadap semua parameter hasil bawang yang diukur, sedangkan tanah liat hanya berpengaruh nyata terhadap jumlah umbi dan berat basah umbi bawang merah (Tabel 2 dan 3). Biochar sekam padi dapat meningkatkan jumlah umbi dari 7.66 menjadi 11.22, berat basah umbi dari 58.31 g menjadi 89.32 g, dan berat kering umbi dari 34.05 g menjadi 49.41 g (Tabel 3). Baik jumlah umbi, berat basah dan berat kering umbi nilai tertinggi ditemukan pada pemberian biochar sebanyak 90 g/polybag. Hal ini mengindikasikan bahwa

tanaman bawang merah sangat respon terhadap pemberian biochar sekam padi. Biochar sekam padi atau biochar secara umum telah dipahami selain mengandung unsur hara yang dibutuhkan tanaman, sifat biochar juga dapat memudahkan perkembangan perakaran tanaman dan meningkatkan kadar kelembapan serta agregasi tanah (Haojie et al., 2020; Thi et al., 2021).

Tabel 3. Pengaruh tunggal perlakuan biochar sekam padi dan tanah liat terhadap berat basah dan berat kering

Perlakuan	Jumlah umbi	Berat basah umbi (g)	Berat kering umbi (g)
Biochar Sekam Padi (B)			
B ₀ (0 g /polybag)	7.66 a	58.31 a	34.05 a
B ₁ (30 g /polybag)	8.44 a	69.81 ab	38.45 ab
B ₂ (60 g /polybag)	9.88 b	80.82 bc	44.08 bc
B ₃ (90 g /polybag)	11.22 c	89.32 c	49.41 c
Tanah Liat (T)			
T ₀ (0 kg /polybag)	8.08 a	65.03 a	36.90 a
T ₁ (2 kg /polybag)	9.83 b	81.13 b	44.83 b
T ₂ (4 kg /polybag)	10.00 b	77.53 b	42.77 ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasar kan uji DMRT pada taraf 5%.

Penambahan tanah liat pada tanah berpasir juga dapat meningkatkan jumlah umbi dan berat basah umbi dengan nyata, yang masing-masing dari 8.08 menjadi 10.00 dan dari 65.03 g menjadi 77.53 g, sedangkan terhadap berat kering umbi berpengaruh tidak nyata (Tabel 3). Fenomena ini dapat terjadi di mana tanah liat dapat memperbaiki sifat-sifat tanah seperti meningkatnya kadar air, agregasi, dan porositas sehingga perakaran akan mudah berkembang dan dapat menyerap air serta unsur hara untuk mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman (Djajadi et al., 2012). Hasil kajian Tahir dan Marschner (2017) juga menyatakan tanah liat dapat memperbaiki sifat-sifat tanah berpasir, sehingga unsur hara tanaman meningkat ketersediaannya dalam tanah yang kemudian diserap oleh tanaman. Pernyataan yang sama juga dikemukakan Zhang et al. (2021) di mana biochar dapat meningkatkan sifat-sifat fisiko-kimia tanah bahkan menstimulasi aktivitas biologi tanah sehingga mempunyai nilai positif bagi pertumbuhan dan hasil tanaman. Kehadiran biochar dalam waktu 1.5-3.5 tahun pada tanah liat Ferrasol di Brazilia mampu meningkatkan kualitas tanahnya dan produksi padi pada tanah tersebut (Carvalho et al., 2016). Oleh sebab itu penggunaan biochar sekam padi pada tanah bertekstur pasir untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, khususnya bawang merah dalam skala yang lebih luas sangat dimungkinkan.

KESIMPULAN

Biochar sekam padi dan tanah liat dapat memperbaiki kualitas kimia tanah berpasir, di mana keduanya mampu menurunkan nilai pH tanah berpasir alkali menurun menjadi agak masam. Biochar sekam padi dan tanah liat meningkatkan kadar C-organik, KTK, P-tersedia, dan K-dd tanah berpasir. Hasil tanaman bawang merah yaitu jumlah umbi, berat basah, dan berat kering yang ditanam pada tanah berpasir meningkat dengan penggunaan biochar sekam padi, sedangkan tanah liat juga mampu meningkatkan jumlah umbi dan berat basah umbi bawang merah.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdarah, A., Sukartono, S., Santoso, B. B., Kusnarta, I., & Kisman, K. (2021). Effect of Biochar and Nitrogen on Growth and Yield of Shallots (*Allium Ascalanicum* L.). *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 9(2), 378-388. <https://doi.org/10.33394/j-ps.v9i2.4296>
- Alaily, F. (1987). Genesis of cracks in sandy soils of central east Sahara: a hypothesis. *Catena*, 14(4), 345-357. [https://doi.org/10.1016/0341-8162\(87\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0341-8162(87)90026-9)
- Alemayehu, B., & Teshome, H. (2021). Soil colloids, types and their properties: A review. *Open Journal of Bioinformatics and Biostatistics*, 5(1), 008-013. <https://dx.doi.org/10.17352/ojbb.000010>

- Arulmathi, C., & Porkodi, G. (2020). Characteristics of coastal saline soil and their management: A review. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 9(10), 1726-1734. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.910.209>
- Baiamonte, G., Crescimanno, G., Parrino, F., & De Pasquale, C. (2019). Effect of biochar on the physical and structural properties of a sandy soil. *Catena*, 175, 294-303. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.12.019>
- Bockheim, J., Hartemink, A. E., & Huang, J. (2020). Distribution and properties of sandy soils in the conterminous USA—A conceptual thickness model, and taxonomic analysis. *Catena*, 195, 104746. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104746>
- Bruand, A., Hartmann, C., & Lesturgez, G. (2005). *Physical properties of tropical sandy soils: A large range of behaviours*. Paper presented at the Management of Tropical Sandy Soils for Sustainable Agriculture. A holistic approach for sustainable development of problem soils in the tropics., Khon Kaen, Thailand.
- Carvalho, M., Madari, B., Bastiaans, L., Van Oort, P., Leal, W., Heinemann, A., Da Silva, M., Maia, A., Parsons, D., & Meinke, H. (2016). Properties of a clay soil from 1.5 to 3.5 years after biochar application and the impact on rice yield. *Geoderma*, 276, 7-18. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.04.013>
- Dias, B. O., Silva, C. A., Higashikawa, F. S., Roig, A., & Sánchez-Monedero, M. A. (2010). Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource technology*, 101(4), 1239-1246. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.09.024>
- Djajadi, D., Heliyanto, B., & Hidayah, N. (2012). Changes of physical properties of sandy soil and growth of physic nut (*Jatropha curcas* L.) due to addition of clay and organic matter. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, 33(3), 245-250. <http://doi.org/10.17503/agrivita.v33i3.75>
- Ebido, N. E., Edeh, I. G., Unagwu, B. O., Nnadi, A. L., Ozongwu, O. V., Obalum, S. E., & Igwe, C. A. (2021). Rice-husk biochar effects on organic carbon, aggregate stability and nitrogen-fertility of coarse-textured Ultisols evaluated using *Celosia argentea* growth. *SAINS TANAH-Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 18(2), 177-187. <https://doi.org/10.20961/stjssa.v18i2.56330>
- FAO. (2021a). *Standard operating procedure for soil available phosphorus*. Roma: Food and Agriculture Organisation.
- FAO. (2021b). *Standard operating procedure for soil pH determination*. Roma: Food and Agriculture Organisation.
- Fu, G., Qiu, X., Xu, X., Zhang, W., Zang, F., & Zhao, C. (2021). The role of biochar particle size and application rate in promoting the hydraulic and physical properties of sandy desert soil. *Catena*, 207, 105607. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105607>
- Ghorbani, M., Asadi, H., & Abrishamkesh, S. (2019). Effects of rice husk biochar on selected soil properties and nitrate leaching in loamy sand and clay soil. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(3), 258-265. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.05.005>
- Glaser, B., & Lehr, V.-I. (2019). Biochar effects on phosphorus availability in agricultural soils: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 9(1), 9338
- Gondek, K., Mierzwa-Hersztek, M., Kopeć, M., Sikora, J., Głab, T., & Szczurowska, K. (2019). Influence of biochar application on reduced acidification of sandy soil, increased cation exchange capacity, and the content of available forms of K, Mg, and P. *Pol. J. Environ. Stud*, 28(1), 1-9
- Gu, W., Wang, Y., Feng, Z., Wu, D., Zhang, H., Yuan, H., Sun, Y., Xiu, L., Chen, W., & Zhang, W. (2022). Long-Term Effects of Biochar Application With Reduced Chemical Fertilizer on Paddy Soil Properties and japonica Rice Production System. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 742
- Gunawan, E., Perwita, A. D., Sukmaya, S. G., Darwis, V., & Ariningsih, E. (2021). The competitiveness analysis of shallot in Indonesia: A Policy Analysis Matrix. *Plos one*, 16(9), e0256832
- Hajek, B., Adams, F., & Cope Jr, J. (1972). Rapid determination of exchangeable bases, acidity, and base saturation for soil characterization. *Soil Science Society of America Journal*, 36(3), 436-438
- Haojie, H., Qing, X., Qin, Z., Caixia, Z., & Zhiliang, Z. (2020). *Research progress of biochar on agricultural soil improvement*. Paper presented at the E3S Web of Conferences.
- Hargreaves, P. (2015). *Soil Texture and pH Effects on Potassium and Phosphorus Availability*.

- Hong, S., Gan, P., & Chen, A. (2019). Environmental controls on soil pH in planted forest and its response to nitrogen deposition. *Environmental Research*, 172, 159-165. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.020>
- Huang, J., & Hartemink, A. E. (2020). Soil and environmental issues in sandy soils. *Earth-Science Reviews*, 208, 103295
- Jaskulska, I., Lemanowicz, J., Breza-Boruta, B., Siwik-Ziomek, A., Radziemska, M., Dariusz, J., & Biatek, M. (2020). Chemical and biological properties of sandy loam soil in response to long-term organic-mineral fertilisation in a warm-summer humid continental climate. *Agronomy*, 10(10), 1610
- Jaya, E. R., Situmeang, Y. P., & Andriani, A. A. S. P. R. (2021). Effect of Biochar from Urban Waste and Eco-enzymes on Growth and Yield of Shallots (*Allium ascalonicum*, L). *SEAS (Sustainable Environment Agricultural Science)*, 5(2), 105-113
- Jian, Z., Lei, L., Ni, Y., Xu, J., Xiao, W., & Zeng, L. (2022). Soil clay is a key factor affecting soil phosphorus availability in the distribution area of Masson pine plantations across subtropical China. *Ecological Indicators*, 144, 109482. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109482>
- Khusrizal. (2009). *Karakteristik, klasifikasi, dan arahan pengelolaan tanah terpengaruh tsunami di Nanggroe Aceh Darussalam (Studi Kasus Aceh Utara)*. (Disertasi), Universitas Sumatera Utara. 188p.
- Khusrizal, Basyaruddin, Rahayu, M. S., Pradipta, R., & Nasruddin. (2021). Impact of heated, acidified volcanic ash and manures on properties of marginal soil and growth of soybean. *Indian Journal of Agricultural Research*, 55(2), 202-206
- Knoblauch, C., Priyadarshani, S. R., Haefele, S. M., Schröder, N., & Pfeiffer, E. M. (2021). Impact of biochar on nutrient supply, crop yield and microbial respiration on sandy soils of northern Germany. *European Journal of Soil Science*, 72(4), 1885-1901
- Liu, X. H., & Zang, X. C. (2012). Effect of biochar on pH of alkaline soils in the loess plateau: results from incubation experiments. *International Journal of Agriculture & Biology*, 14(5)
- Liu, Y., Yan, M., Na, K., Hwang, J., Shin, S., Yin, L., Deng, X., & Wang, S. (2022). The New Soil Conditioner DewEco Could Improve Sandy Soil's Properties for Efficient Maize Growth. *Agronomy*, 12(5), 1124
- Muchtar, M., & Soelaeman, Y. (2018). Effects of green manure and clay on the soil characteristics, growth and yield of peanut at the coastal sandy soil. *Journal of Tropical Soils*, 15(2), 139-146
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. In D. L. Sparks, A. L. Page, P. A. Helmke, R. H. Loeppert, P. N. Soltanpour, M. A. Tabatabai, C. T. Johnston & M. E. Sumner (Eds.), *Methods of Soil Analysis* (pp. 961-1010).
- Nesic, L. L., Vasin, J., Belic, M., Ciric, V., Gligorijevic, J., Milunovic, K., & Sekulic, P. (2015). The colloid fraction and cation exchange capacity in the soils of Vojvodina, Serbia. *Ratarstvo i povrtarstvo*, 52, 18-23. 10.5937/ratpov52-7720
- Nurida, N. L., Rachman, A., & Sutomo, S. (2015). *Biochar pembenah tanah yang potensial*: Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Press, Kementerian Pertanian, Jakarta. 61p.
- Oswaldus, O., Widowati, W., & Karamina, H. (2022). Impact of Biochar Use After Five Years in Vertisol and NPK Fertilization on Yield of Shallot (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 18(1), 35-41
- Ozores-Hampton, M., Stansly, P. A., & Salame, T. P. (2011). Soil chemical, physical, and biological properties of a sandy soil subjected to long-term organic amendments. *Journal of Sustainable Agriculture*, 35(3), 243-259
- Prakongkep, N., Gilkes, R., Wisawapipat, W., Leksungnoen, P., Kerdchana, C., Inboonchuay, T., Delbos, E., Strachan, L.-J., Ariyasakul, P., & Ketdan, C. (2020). Effects of biochar on properties of tropical sandy soils under organic agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 151(1), 1-17
- Rahayu, R., Syamsiyah, J., Cahyani, V. R., & Fauziah, S. K. (2019). The effects of biochar and compost on different cultivars of shallots (*Allium ascalonicum* L.) growth and nutrient uptake in sandy soil under saline water. *Sains Tanah- Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 16(2), 216-228
- Rendana, M., Idris, W. M. R., Rahim, S. A., Rahman, Z. A., Lihan, T., & Jamil, H. (2019). Effects of organic amendment on soil organic carbon in treated soft clay in paddy cultivation area. *Sains Malaysiana*, 48(1), 61-68
- Sarwono, R. (2016). Biochar Sebagai Penyimpan Karbon, Perbaikan Sifat Tanah, dan Mencegah Pemanasan Global: Tinjauan. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia*, 18(01), 79-90

- Shi, R.-y., Hong, Z.-n., Li, J.-y., Jiang, J., Baquy, M. A.-A., Xu, R.-k., & Qian, W. (2017). Mechanisms for increasing the pH buffering capacity of an acidic Ultisol by crop residue-derived biochars. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 65(37), 8111-8119
- Sinaga, R., Waluyo, N., Rahayu, A., & Rosliani, R. (2021). *Growth and yield of shallots (Allium cepa var aggregatum L.) under different seed bulbs storage period*. Paper presented at the E3S Web of Conferences.
- Singh, H., Northup, B. K., Rice, C. W., & Prasad, P. V. (2022). Biochar applications influence soil physical and chemical properties, microbial diversity, and crop productivity: a meta-analysis. *Biochar*, 4(1), 8
- Sulaeman, Y., & Sukarman. (2021). Peningkatan Produktivitas Tanah Berpasir. In W. Adhi & E. Tarma (Eds.), *Pengelolaan Lahan Berkarakter Khusus* (pp. 349). Jakarta: IAARD PRESS.
- Sulistyaningsih, E., Pangestuti, R., & Rosliani, R. (2020). Growth and yield of five prospective shallot selected accessions from true seed of shallot in lowland areas. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 5(2), 92-97
- Sun, Z., Hu, Y., Shi, L., Li, G., Han, J., Pang, Z., Liu, S., Chen, Y., & Jia, B. (2022). Effects of biochar on soil chemical properties: A global meta-analysis of agricultural soil. *Plant, Soil and Environment*, 68(6), 272-289
- Supriyadi, S., Widjajani, B. W., & Murniyanto, E. (2022). The Effect of Rice Husk Biochar and Cow Manure on Some Soil Characteristics, N and P Uptake and Plant Growth of Soybean in Alfisol. *Journal of Tropical Soils*, 27(2), 59-66
- Surdianto, Y., Sutrisna, N., Basuno, & Solihin. (2015). *Panduan teknis cara membuat arang sekam padi*. Bandung: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat.
- Tahir, S., & Marschner, P. (2016). Clay amendment to sandy soil—effect of clay concentration and ped size on nutrient dynamics after residue addition. *Journal of Soils and Sediments*, 16, 2072-2080
- Tahir, S., & Marschner, P. (2017). Clay addition to sandy soil—influence of clay type and size on nutrient availability in sandy soils amended with residues differing in C/N ratio. *Pedosphere*, 27(2), 293-305
- Tenaya, I. M. N. (2015). Pengaruh interaksi dan nilai interaksi pada percobaan faktorial. *Agrotrop*, 5(1), 9-20
- Thi, D. P., Hang, N. N. T., Viet, O. T., Van, L. N., Viet, A. N., Lan, P. D. T., & Van, N. V. (2021). Sandy soil reclamation using biochar and clay-rich soil. *Journal of Ecological Engineering*, 22(6), 26-35
- Ulén, B., & Etana, A. (2014). Phosphorus leaching from clay soils can be counteracted by structure liming. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 64(5), 425-433
- Wang, L., Xue, C., Nie, X., Liu, Y., & Chen, F. (2018). Effects of biochar application on soil potassium dynamics and crop uptake. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181(5), 635-643
- Yang, W., Shang, J., Li, B., & Flury, M. (2020). Surface and colloid properties of biochar and implications for transport in porous media. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(23), 2484-2522
- Yang, Y., Sun, K., Han, L., Chen, Y., Liu, J., & Xing, B. (2022). Biochar stability and impact on soil organic carbon mineralization depend on biochar processing, aging and soil clay content. *Soil Biology and Biochemistry*, 169, 108657
- Yost, J. L., & Hartemink, A. E. (2019). Soil organic carbon in sandy soils: A review. *Advances in agronomy*, 158, 217-310
- Yu, J., Li, Y., Han, G., Zhou, D., Fu, Y., Guan, B., Wang, G., Ning, K., Wu, H., & Wang, J. (2014). The spatial distribution characteristics of soil salinity in coastal zone of the Yellow River Delta. *Environmental Earth Sciences*, 72, 589-599
- Zavalloni, C., Alberti, G., Biasiol, S., Delle Vedove, G., Fornasier, F., Liu, J., & Peressotti, A. (2011). Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: a short-term study. *Applied Soil Ecology*, 50, 45-51
- Zhang, Y., Wang, J., & Feng, Y. (2021). The effects of biochar addition on soil physicochemical properties: A review. *Catena*, 202, 105284
- Zhao, R., Coles, N., Kong, Z., & Wu, J. (2015). Effect of aged and fresh biochars on soil acidity under different incubation condition. *Soil and Tillage Research*, 146, 133-138. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.10.014>