

Long-term residual effects of biochar from tobacco scraps on red spinach [*Amaranthus tricolor*] growth in Entisols: a five-year field experiment with urea fertilizer addition

Efek residu jangka panjang biochar dari jengkok tembakau terhadap pertumbuhan bayam merah [*Amaranthus tricolor*] di Entisols: percobaan lapangan selama lima tahun dengan penambahan pupuk urea

Agabus Ary Koreh, Widowati*, Reza Prokoso Dwi Julianto

Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Tribhuwana Tunggaladewi, East Java, Indonesia

ARTICLE INFO

Article History

Received: Mar 05, 2023

Accepted: May 09, 2023

Available Online: June 08, 2023

Keywords:

biochar,
chlorophyll,
Entisol,
long-term,
residual effects

Cite this:

J. Ilm. Pertan., 2023, 20 (2) 153-164

DOI:

<https://doi.org/10.31849/jip.v20i2.13451>

ABSTRACT

The residual effects of biochar doses on Entisols after five years of application have not received attention. However, there is an assumption that the positive effects of biochar can last longer in the soil. Therefore, field experiments were carried out in polybags to assess the residual impact of applying biochar doses in the fifth year and the addition of urea fertilizer on the growth of red spinach (*Amaranthus tricolor*) in Entisol. The growing media used in this study was a medium previously used for five years containing biochar in Entisols. This study used a 2-factor randomized block design consisting of residual doses of biochar (3 levels) and the addition of urea fertilizer (2 levels). There was no interaction between biochar and N fertilizer. Application of biochar at a dose of 500 g/polybag gave a better follow-up effect than 250 g/polybag on the growth of red spinach in the fifth year. Chlorophyll content increased with N fertilization. Applying biochar in the fifth year and N fertilization positively impacted the growth of red spinach in Entisol. Spinach yield increased 30% at the remaining dose of biochar 500 g/polybag and 52% with N fertilization. Within five years, using higher doses of biochar and adding urea will result in better growth of red spinach in Entisol.

ABSTRAK

Efek sisa dosis biochar setelah lima tahun aplikasi pada Entisol belum mendapat perhatian meskipun ada anggapan bahwa efek positif biochar dapat bertahan lebih lama di dalam tanah. Oleh karena itu dilakukan percobaan lapangan dalam polibag untuk menilai pengaruh sisa dari aplikasi dosis biochar pada tahun kelima dan penambahan pupuk urea terhadap pertumbuhan bayam merah (*Amaranthus tricolor*) di Entisol. Media tanam yang digunakan pada penelitian ini merupakan media yang sebelumnya telah digunakan dan mengandung biochar di Entisol. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok 2 faktor yang terdiri dari dosis sisa biochar (3 taraf) dan penambahan pupuk urea (2 taraf). Tidak ada interaksi antara biochar dan pupuk N. Aplikasi biochar dengan dosis 500 g/polybag memberikan efek susulan yang lebih baik dibandingkan 250 g/polybag terhadap pertumbuhan bayam merah tahun kelima. Kandungan klorofil meningkat dengan pemupukan N. Aplikasi biochar pada tahun kelima dan pemupukan N berdampak positif terhadap pertumbuhan bayam merah di Entisol. Hasil bayam meningkat 30% pada dosis sisa biochar 500 g/polybag dan 52% dengan pemupukan N. Dalam jangka lima tahun, penggunaan biochar dengan dosis yang lebih tinggi dan penambahan urea akan menghasilkan pertumbuhan bayam merah yang lebih baik di Entisol.

Corresponding author

E-mail: widwidowati@gmail.com

PENDAHULUAN

Bayam merah (*Amaranthus tricolor*) merupakan tanaman hortikultura yang memiliki nutrisi yang baik bagi tubuh, seperti kalsium (Ca), vitamin A, B, C, dan protein serta banyak kandungan antosianin. Antosianin tersebut berfungsi sebagai antioksidan pada bayam merah, sehingga bermanfaat untuk mencegah pembentukan radikal bebas. Antosianin pada bayam merah berasal dari pigmen merah, yang sangat baik untuk kesehatan tubuh karena dapat mengeluarkan racun dari dalam tubuh (Fatmawati et al., 2021). Tanaman ini bisa tumbuh dengan baik pada segala jenis tanah termasuk Entisol. Di Indonesia, Entisol banyak ditemukan seluruh pulau terutama di Pulau Jawa, Sumatera, dan Nusa Tenggara yang diperkirakan total luasannya mencapai tiga juta hektar atau sekitar 2.1% dari seluruh luasan daratan (Gaol et al, 2014). Entisol mempunyai kadar lempung, tekstur pasir, struktur lepas, daya menahan air rendah serta kurangnya bahan organik yang menyebabkan tanah tersebut mudah melewatkan air dan unsur hara (Hardiansyah, 2013). Entisol memiliki keterbatasan dalam ketersediaan hara nitrogen (N), padahal dalam budidaya bayam merah diperlukan sebanyak 75 kg N/ha (Adil et al., 2006). Kadar pasir yang terdapat di dalam Entisol menjadi penyebab unsur hara N mudah hilang akibat terjadinya pencucian (Hardiansyah, 2013). Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk mengurangi hilangnya nitrogen serta dilakukan perbaikan pada kualitas fisik dan kimia tanah yang memicu tanah mudah melewatkan air dengan menggunakan bahan organik. Beberapa sifat fisik tanah yang dilaporkan membaik setelah aplikasi biochar adalah berat isi, porositas, agregasi tanah, struktur tanah, laju infiltrasi, dan retensi air (Blanco, 2017). Widowati et al. (2020) melaporkan biochar tongkol jagung yang dicampur pupuk kandang menurunkan pori makro sebesar 67.4% di Entisol.

Biochar mempunyai kemampuan mengikat H₂O dan hara, sehingga dapat menjadi persediaan bagi tanaman. Perkembangan akar sangat menentukan kemampuan tanaman untuk memperoleh hara dari tanah (Li et al., 2016). Saito dan Marumoto (2012) mengatakan daya serap air pada biochar cukup tinggi sehingga kelembapan tetap terjaga dan mendorong perkembangbiakan mikroorganisme karena lingkungan yang mendukung. Selain itu biochar dapat mengatasi permasalahan tanah yang kekurangan unsur hara, terutama nitrogen. Penelitian Hale et al. (2013) menyebutkan bahwa N dan P akan tertahan oleh biochar sehingga tidak mudah larut pada air dan tetap tersedia untuk tanaman. Biochar memiliki kelebihan lain yaitu dapat tinggal dalam tanah dengan jangka waktu yang cukup panjang. Biochar difungsikan untuk pembenah tanah yaitu memperbaiki kualitas kimia-fisik tanah serta penyimpan karbon. Kandungan biochar yang kaya akan karbon memberikan efek positif pada kualitas tanah yaitu stabilitas agregat tanah, kapasitas tukar kation, bahan organik tanah, serta kemampuan menahan air dan hara.

Rosidi et al. (2018) menyebutkan residu biochar dan level dosis N berdampak nyata pada pH tanah, kadar N-total, dan jumlah biji pada tanaman kedelai. Widowati et al. (2017) mengatakan hasil tanaman jagung musim tanam kedua masih dapat meningkat dengan residu biochar. Residu biochar juga dapat merendahkan laju limpasan permukaan nitrogen (Clough et al., 2013), menaikkan pH, serta serapan hara N, dan menaikkan pertumbuhan tanaman kacang pada Entisol (Niswati et al., 2013), mengurangi kehilangan unsur hara (Widowati & Utomo, 2014). Menurut Mawardiana et al. (2013), pengaruh biochar pada musim tanam ketiga masih memberikan pengaruh pada produksi padi sawah. Produksi optimal dapat dicapai dengan cara menambahkan biochar, produksi tertinggi dari perlakuan biochar 10 ton/ha. Adanya interaksi biochar dan pupuk NPK pada N-total di umur 45 hari setelah tanam (HST) di musim tanam ketiga. Firman (2017) mengatakan bahwa pada musim tanam keempat dengan menggunakan residu biochar masih mampu menaikkan serapan K dan juga berat brangkas jagung. Penambahan biochar dengan kompos dan pupuk NPK memiliki efek residual yang signifikan pada tanah tropis yang terdegradasi dibandingkan hanya NPK dan kompos (Apori et al., 2021). Penelitian aplikasi biochar pada tanaman bayam merah di Alfisol semi arid telah dilakukan namun dengan perlakuan kompos biochar dan teh kompos biochar (Hely, 2022).

Efek residu jangka panjang dari biochar belum mendapat perhatian oleh banyak peneliti, apalagi dalam jangka waktu lima tahun. Oleh karena itu, percobaan dalam jangka panjang perlu dilakukan untuk menilai pengaruh sisa dari aplikasi biochar pada berbagai level. Namun, penerapan biochar saja tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, sehingga diperlukan penambahan pupuk anorganik terutama nitrogen. Unsur hara N berfungsi penting dalam pembentukan pada

bagian vegetatif tanaman khususnya pada tanaman sayur-sayuran. Menurut penelitian Bayu et al. (2013), dengan pemupukan dosis 0.6 g urea/polybag signifikan pada pertumbuhan bayam. Penelitian residu biochar pada tahun kelima belum pernah dilakukan, khususnya pada tanaman bayam merah di tanah Entisol. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh residu dosis biochar pasca lima tahun dan penambahan pupuk urea terhadap pertumbuhan bayam merah di tanah Entisol. Biochar jengkok tembakau sebagai bahan pembenah tanah yang digunakan pada penelitian ini merupakan biochar yang telah sesuai dengan Permentan No 70 tahun 2011 (Wibowo et al., 2017).

BAHAN DAN METODE

Studi lanjutan telah dilakukan untuk menguji dosis biochar jengkok tembakau yang diaplikasikan pada tahun kelima dalam kombinasi dengan pupuk N pada Entisol dengan tekstur berpasir. Penelitian dilakukan di Dusun Bawang, Kelurahan Tunggul Wulung, Malang, Indonesia (112° 06' – 112° 07' Bujur Timur dan 7°06' – 8°02' Lintang Selatan). Daerah dengan ketinggian kurang lebih 460 mdpl, suhu udara berkisar antara 22.2°C sampai 24.5°C. Benih bayam merah varietas Mira (PT. East West Seed Indonesia) yang ditanam mengikuti prosedur yang digunakan oleh Pusluhtan Kementan. Media tanam yang digunakan merupakan tanah Entisol yang dimasukkan ke dalam polybag berukuran 17.5 cm × 30 cm sebanyak 10 kg, tanah tersebut telah bercampur dengan biochar yang telah digunakan sejak lima tahun yang lalu (Dion et al., 2017), sesuai dengan dosis yang digunakan sebagai faktor pertama dalam penelitian ini. Media tanam dari penelitian sebelumnya dengan perlakuan dosis biochar telah digunakan untuk melihat responnya pada tanaman terung ungu, tomat, dan brambang, tanpa ada penambahan biochar. Pada penelitian ini dilanjutkan dengan mengevaluasi dampak dosis biochar pada tanaman bayam merah. Setiap polybag disebar empat benih dan disisakan dua tanaman per polybag sebagai tanaman uji. Tanah dalam polybag lama dipindahkan ke dalam polybag baru dan tanah digemburkan. Karakteristik kimia dan fisika tanah Entisol pada lima tahun yang lalu disajikan pada Tabel 1, yang dianalisis mengikuti prosedur yang dikembangkan Balai Penelitian Tanah (2009). Bahan-bahan kimia diperoleh di Kota Malang.

Tabel 1. Karakteristik tanah awal sebelum diberi perlakuan

Karakteristik	Nilai
Kadar air (%)	3.17
pH (H ₂ O)	6.91
C-Organik (%)	0.49
N total (%)	0.05
P Bray (ppm)	44.79
K ₂ O HCl 25% (mg/100g)	214.22
K dd (cmol (+)/kg)	11.58
KTK (cmol (+)/kg)	2.03
Ca & Mg EDTA (cmol (+)/kg)	0.11
Debu (%)	3.98
Liat (%)	2.03
Pasir (%)	93.99

Percobaan lanjutan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial. Faktor pertama adalah residu biochar jengkok tembakau yang telah lima tahun diaplikasikan (tiga dosis) yaitu D0: tanpa biochar, D1: residu dosis biochar 250 g/tanaman, D2: residu dosis biochar 500 g/tanaman, serta faktor kedua adalah pemupukan urea (dua taraf), P0: tanpa urea dan P1: urea (0.6 g/tanaman), sehingga diperoleh 6 kombinasi yang terulang sebanyak 3 kali dan menghasilkan 18 unit percobaan. Setiap unit percobaan tersusun atas 6 sampel tanaman yang seluruhnya terdapat 108 polybag. Setiap percobaan ditempatkan dengan jarak 30 cm × 20 cm seperti yang dilakukan pada penelitian terdahulu (Oswaldus et al., 2022). Tanaman 7 HST dapat diberikan pupuk sesuai petunjuk kemasan benih bayam merah. Variabel pengamatan tanaman bayam merah meliputi tinggi tanaman (cm) dan jumlah daun (helai) yang diamati setiap minggu selama 4 minggu

setelah tanam (MST), serta bobot basah bayam merah (g/tanaman) dan kadar klorofil pada minggu ke-empat (saat panen). Pengukuran masing-masing variabel pengamatan dilakukan menurut Kustiani et al., (2021). Kadar klorofil diukur dengan metode Wintermans & De (1965) dengan menggunakan pelarut ethanol 96% pada panjang gelombang 649 dan 665 nm (spektrofotometer Biobase, BK-UV1000, Shandong, China). Sampel pengamatan sebanyak 3 tanaman pada setiap perlakuan dan ulangan. Microsoft Excel 2010 (Microsoft, USA) digunakan untuk analisis keragaman data dan dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5% apabila terdapat perbedaan di antara perlakuan.

HASIL & PEMBAHASAN

Kondisi tanah penelitian

Penelitian ini menggunakan tanah yang pada awalnya diambil dari lapangan dengan kriteria yang disajikan pada Tabel 1. Karakteristik tanah awal sebelum penelitian memiliki tingkat kesuburan kimia yang sangat rendah, terutama kandungan C organik, KTK, N total, P tersedia, K dapat ditukar dan K total, serta Ca dan Mg. Tanah pada kondisi demikian menjadi tidak layak jika digunakan untuk memenuhi kebutuhan budidaya tanaman (Arunkuma, 2020). Menurut Urrutia et al. (2020), tanah yang rendah bahan organiknya akan sangat membatasi pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, perlu upaya untuk meningkatkan bahan organik tanah agar tanah mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Bahan organik juga berperan penting untuk meningkatkan kemampuan tanah menahan air dan unsur hara (Bot and Jose, 2005). Penggunaan biochar merupakan salah satu bahan pembenah tanah yang dapat meningkatkan bahan organik tanah sehingga tanah menjadi subur (Mateus et al., 2017). Sifat biochar yang relatif tahan terhadap pelapukan akan lebih menguntungkan pada periode yang lebih berjangka panjang (Herlambang et al., 2020).

Tinggi tanaman

Berdasarkan penelitian terlihat bahwa residu dosis biochar dengan pemupukan urea tidak terjalin interaksi pada tinggi tanaman pada berbagai umur tanaman, tetapi masing-masing faktor sangat nyata berpengaruh. Residu biochar berpengaruh pada tinggi tanaman pada 3 dan 4 minggu setelah tanam dan ketika 1 dan 2 minggu tidak signifikan. Sedangkan pemupukan urea meningkatkan tinggi tanaman. Pengaruh residu dosis biochar dan pupuk urea dirincikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh residu dosis biochar dan pemupukan urea terhadap tinggi tanaman bayam merah

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) pada umur (MST)			
	1	2	3	4
Residu biochar:				
D0 (kontrol)	2.89	5.78	8.40 a	12.96 a
D1 (biochar 250 g/polibag)	2.89	5.96	8.70 b	13.45 b
D2 (biochar 500 g/polibag)	2.92	6.23	9.65 c	14.52 c
BNT 5%	tn	tn	0.24	0.46
Urea:				
P0 (tanpa urea)	2.88	5.83	8.67 a	13.15 a
P1 (urea 0.6 g/polibag)	2.92	6.15	9.15 b	14.14 b
BNT 5%	tn	tn	0.16	0.31

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

Residu biochar dengan dosis 500 g/polybag masih mampu memberikan pertambahan tinggi tanaman pada 3 MST dan 4 MST dengan hasil tertinggi sebesar (14.52 cm), berbeda nyata dengan perlakuan 250 g/polybag yaitu (13.45 cm) dan berbeda sangat nyata dengan hasil kontrol sebesar 12.96 cm. Hal ini menunjukkan bahwa dosis biochar masih signifikan meningkatkan pertumbuhan tanaman setelah tahun kelima penggunaan. Peningkatan hasil dan kinerja tanaman karena efek sisa biochar juga telah dilaporkan untuk tanaman gandum (Akhtar et al., 2015), padi (Rizwan et al., 2018), jagung

(Widowati et al., 2020). Residu dosis biochar 500 g/polybag memberikan peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan 250 g/polybag. Penambahan pupuk urea juga diduga meningkatkan ketersediaan hara pada tanah sehingga unsur N terpenuhi bagi tumbuhan. Sebagaimana dinyatakan oleh Sirait et al. (2020), ada interaksi sangat nyata antara pemberian biochar dan pemupukan N terhadap ketersediaan hara N. Lebih lanjut dikemukakan bahwa pemupukan N berpengaruh sangat nyata terhadap ketersediaan hara N tanah. Nitrogen tersedia berasal dari kemampuan biochar untuk mempertahankan Nitrogen karena tidak tercuci. Biochar mampu meretensi unsur hara sehingga dapat mengurangi kehilangan hara akibat pencucian, hal ini tidak terlepas dari kapasitas menahan air yang tinggi sehingga N tanah dapat dipertahankan dan lebih tersedia. Kapasitas retensi hara ditunjukkan dari nilai KTK tanah yang meningkat dengan aplikasi biochar (Sukartono et al., 2017). Menurut Prakongkep et al. (2020), sifat fisik tanah berpasir sangat dipengaruhi oleh biochar seperti kapasitas tukar kation, kapasitas lapangan, air tersedia tanaman, fraksi ukuran agregat tahan air (> 1 dan < 0.25 mm), median ukuran agregat, dan stabilitas agregat berbeda nyata pada $p < 0.05$.

Biochar merupakan karbon stabil yang terdegradasi perlahan di dalam tanah dan afinitas yang tinggi terhadap ion logam (Alkharabsheh et al., 2021; Sizmur et al., 2017). Unsur hara nitrogen yang masih cukup tersedia bisa diserap oleh tanaman bayam merah untuk tinggi tanaman dan jumlah daun. Selanjutnya, karena kebutuhan hara pada tahap awal pertumbuhan dan perkembangan tanaman masih rendah, maka unsur hara yang tersedia di dalam tanah cukup untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang optimal (Wibowo et al., 2017). Residu biochar bermanfaat untuk meningkatkan kesuburan tanah dan memperbaiki struktur tanah. Hal tersebut memfasilitasi pengembangan sistem perakaran bayam merah, meningkatkan penyerapan nutrisi, serta meningkatkan tinggi dan jumlah daun bayam merah. Pertumbuhan tinggi tanaman akibat perlakuan pemberian urea 0.6 gram/polybag memberikan hasil terbaik pada 3 dan 4 MST dan berbeda nyata dibandingkan tanpa urea. Hal ini menunjukkan bahwa nitrogen mempengaruhi pertumbuhan vegetatif seperti tinggi tanaman teh (Pamungkas & Supijatno, 2017). Menurut Pamungkas & Supijatno (2017), nitrogen berperan untuk mempercepat pertumbuhan tanaman sehingga produktivitas meningkat serta merangsang pertumbuhan vegetatif tanaman seperti tinggi tanaman, jumlah daun, lingkaran batang, dan panjang akar. Biochar mampu memperbaiki sifat tanah (Alkharabsheh et al., 2021; Ding et al., 2016; Kapoor et al., 2022) sehingga memudahkan akar berkembang untuk menyerap unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Xiang et al. (2017) melaporkan aplikasi biochar meningkatkan biomassa akar (+32%), volume akar (+29%) dan luas permukaan akar (39%). Pertumbuhan akar dapat terhambat apabila tanaman tidak mendapatkan cukup nitrogen, dalam kondisi tersebut maka penyerapan hara tanaman juga akan ikut terlambat sehingga menyebabkan tanaman tidak dapat tumbuh optimal. Berdasarkan pendapat Sarifuddin (2013) tentang kekurangan nitrogen memiliki ciri awal tumbuhan kerdil dan lambat pertumbuhannya, daun pendek, sempit, dan tidak kokoh.

Jumlah daun

Pada umur pengamatan tidak ditemukan pengaruh jumlah daun akibat interaksi antara residu biochar dengan pupuk urea akan tetapi masing-masing faktor yang diuji terlihat berpengaruh sangat nyata. Residu dosis biochar maupun dosis urea secara terpisah memengaruhi jumlah daun pada 3 dan 4 MST, sementara pada 1 dan 2 MST belum memiliki pengaruh, seperti yang terlihat pada Tabel 3. Jumlah daun bayam merah dari perlakuan residu biochar dosis 500 g/tanaman lebih banyak dari pada dosis 250 g/tanaman. Hal ini dikarenakan salah satu faktor pertumbuhan yang semakin baik akibat penerapan biochar sebelumnya masih menyimpan nitrogen di dalam tanah. Widowati et al. (2011) mengatakan biochar berperan untuk efisiensi pupuk N sehingga menghemat pemakaian urea. Selanjutnya Joseph et al. (2013) melaporkan bahwa biochar sebagai aditif tanah dalam mengurangi kehilangan N dan meningkatkan kesuburan tanah. Nitrogen berbentuk amonium dan nitrat yang tersedia dalam tanah dapat diserap dengan baik. Hasil penelitian Kogoya et al. (2018) mengatakan bahwa unsur hara nitrogen sangat diperlukan oleh tanaman bayam, karena nitrogen diperlukan untuk mendorong pertumbuhan vegetatif batang dan daun.

Penggunaan pupuk urea sebesar 0.6 gram/tanaman mampu memberikan hasil pertumbuhan jumlah daun yang berbeda sampai umur 4 MST sebanyak 18.80 helai dan berbeda dengan kontrol yaitu 16.68 helai sebagai hasil jumlah daun terendah.

Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan urea untuk bayam merah mampu menghasilkan banyak daun. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kogoya et al. (2018) menunjukkan bahwa pemupukan 0.9 g urea/polybag pada bayam dapat meningkatkan jumlah daun 50% dibandingkan kontrol.

Tabel 3. Pengaruh residu dosis biochar dan pupuk urea terhadap jumlah daun bayam merah

Perlakuan	Jumlah daun (helai) pada umur (MST)			
	1	2	3	4
Residu Biochar:				
D0 (kontrol)	3.72	5.62	9.71 a	16.08 a
D1 (biochar 250 g/polibag)	3.73	5.68	10.90 b	16.99 b
D2 (biochar 500 g/polibag)	3.73	5.70	13.44 c	20.17 c
BNT 5%	tn	tn	0.73	0.86
Urea:				
P0 (tanpa urea)	3.71	5.63	10.58 a	16.68 a
P1 (urea 0.6 g/polibag)	3.74	5.70	12.12 b	18.80 b
BNT 5%	tn	tn	0.49	0.57

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

Bobot basah tanaman

Tidak ditemukan interaksi antara residu biochar dengan pupuk urea pada bobot basah tanaman saat panen, namun masing-masing faktor berpengaruh sangat nyata. Residu dosis biochar dan pupuk urea secara terpisah berpengaruh nyata terhadap bobot basah tanaman, seperti yang tersaji pada Tabel 4. Lehmann & Joseph (2015) mengatakan residu biochar di dalam tanah dapat memiliki muatan negatif yang lebih besar di permukaannya, yang disebabkan oleh pembentukan gugus fenolik oleh oksidasi abiotik, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan KTK di lingkungan tanah. KTK merupakan indikator kesuburan tanah yang memengaruhi kapasitas penyangga untuk menyediakan unsur hara, termasuk nitrogen. Oleh karena itu, nitrogen yang ditambahkan dapat ditahan oleh tanah sehingga pertumbuhan tanaman bertambah (Tabel 2-5).

Tabel 4. Pengaruh residu biochar dan pupuk urea terhadap bobot basah tanaman bayam merah

Perlakuan	Bobot basah tanaman (g) setelah panen
Residu biochar:	
D0 (kontrol)	39.17 a
D1 (biochar 250 g/polibag)	42.67 b
D2 (biochar 500 g/polibag)	51.00 c
BNT 5%	2.73
Urea:	
P0 (tanpa urea)	35.78 a
P1 (urea 0.6 g/polibag)	52.78 b
BNT 5%	1.82

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

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa residu biochar pasca lima tahun mampu meningkatkan bobot tanaman. Residu dosis 500 g/tanaman tertinggi dalam meningkatkan berat tanaman. Hal tersebut dipengaruhi oleh fungsi biochar yang dapat meningkatkan serapan hara dan tentunya akan sangat berpengaruh terhadap berat basah tanaman. Unsur hara yang mudah diserap dapat memacu perkembangan sel, jaringan, dan organ tanaman sehingga berat basah tanaman akan semakin bertambah, daun semakin lebar, serta batang semakin besar dan panjang. Menurut Bahri et al. (2016) biochar

berperan sebagai pembenah tanah yang dapat mendorong pertumbuhan tanaman dengan menyediakan berbagai unsur hara yang bermanfaat dan memperbaiki sifat fisik serta biologi tanah. Dosis perlakuan urea 0.6 g/polybag menghasilkan berat basah tertinggi sebesar 52.78 gram/tanaman. Nitrogen berperan dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, seperti daun, batang, dan cabang. Peningkatan jumlah daun pada tanaman secara otomatis meningkatkan berat segar tanaman, karena daun tanaman merupakan organ yang mengandung zink dan air. Semakin banyak daun maka semakin banyak air yang ditampung tanaman dan semakin tinggi bobot basah tanaman (Furidah, 2018).

Kadar klorofil tanaman

Penelitian ini menghasilkan bahwa tidak ditemukan interaksi antara residu biochar dan pemupukan urea terhadap kadar klorofil pada saat panen. Residu dosis biochar tidak mempengaruhi kadar klorofil tanaman setelah panen. Namun terdapat pengaruh utama masing-masing faktor yang berpengaruh terhadap kadar klorofil. Sebagai contoh penambahan urea berpengaruh terhadap kadar klorofil, seperti yang terlihat pada Gambar 1 serta Tabel 5 dan Tabel 6. Residu biochar dengan dosis 250 dan 500 g/polybag memperlihatkan jumlah kadar klorofil yang tidak signifikan dengan kontrol. Penerapan dosis biochar pada tahun kelima tidak meningkatkan kadar klorofil bayam. Damanik et al. (2011) mengatakan ketika nitrogen tersedia cukup maka daun dapat tumbuh besar dan luas sehingga fotosintesis dapat optimal. Lebih lanjut disampaikan Damanik et al. (2011), unsur nitrogen pada tanaman juga tidak boleh berlebihan, karena ketika unsur nitrogen melampaui batas, maka berakibat pada meningkatnya ukuran sel dan ketebalan dinding sehingga daun dan batang menjadi sukulen serta tidak padat. Keadaan tersebut menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil pada tanaman bayam merah.

Pemberian urea 0.6 gram per polibag menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap kadar klorofil yaitu sebesar 13.86 (mg/L) dibandingkan kontrol sebesar 4.08 (mg/L). Nitrogen tidak hanya berperan sebagai penyusun protein, tetapi juga pembentukan klorofil pada bagian hijau daun yang penting untuk proses fotosintesis sehingga jumlah dan ukuran daun bertambah (Mawardiana et al., 2013). Selain itu, Triawirda et al. (2013) mengemukakan bahwa penambahan nitrogen merangsang pertumbuhan bagian-bagian yang berkaitan dengan fotosintesis seperti klorofil yang tinggi karena permukaannya luas, sehingga dihasilkan asimilat dalam jumlah yang tinggi untuk pertumbuhan tanaman. Kadar klorofil yang diukur dengan menggunakan pelarut ethanol 96% menghasilkan perbedaan warna berdasarkan Munsell Color Chart, seperti yang terlihat pada Tabel 6, dengan kode warna yang tanpa urea sebagai berikut: 2.5YR 7/8 (perlakuan D0P0), 10R 7/8 (perlakuan D1P0), 10YR 8/8 (D2P0) dan kode warna dengan penambahan urea adalah 7.5GY 4/8 (perlakuan D0P1), 7.5GY 5/10 (perlakuan D1P1), dan 7.5GY 4/8 (perlakuan D2P1). Perbedaan warna klorofil dari bayam merah dari perlakuan tanpa urea yaitu merah terang (perlakuan D0P0 dan D1P0) dan kuning (perlakuan D2P0). Namun dengan perlakuan urea menjadi berwarna hijau kekuningan (perlakuan D0P1, D1P1, dan D2P1). Hal ini menunjukkan residu dosis biochar tidak mempengaruhi kandungan klorofil bayam merah pada tahun kelima di Entisol dan sebaliknya penambahan urea memberikan pengaruh pada peningkatan kadar klorofil di dalam bayam merah.

Tabel 5. Pengaruh residu biochar dan pupuk urea terhadap kadar klorofil setelah panen

Perlakuan	Kadar klorofil setelah panen (mg/L)
Residu biochar:	
D0 (kontrol)	9.07
D1 (biochar 250 g/polibag)	9.28
D2 (biochar 500 g/polibag)	8.57
BNT 5%	tn
Urea:	
P0 (tanpa urea)	4.08 a
P1 (urea 0.6 g/polibag)	13.86 b
BNT 5%	1.05

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



Gambar 1. Penampakan bayam merah dari perlakuan residu dosis biochar tanpa urea (atas) dan dengan urea (bawah)

Tabel 6. Warna ekstraksi bayam merah

Perlakuan	Visual Warna	Munsell Color Chart
D0P0		2.5YR 7/8
D1P0		10R 7/8
D2P0		10YR 8/8
D0P1		7.5GY 4/8
D1P1		7.5GY 5/10
D2P1		7.5GY 4/8

KESIMPULAN

Tidak ada interaksi antara residu dosis biochar dan pupuk urea terhadap pertumbuhan bayam merah. Residu dosis biochar maupun urea secara terpisah berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot basah tanaman.

Dosis biochar 500 g/polybag memberi efek residu yang lebih baik daripada dosis 250 g/polybag terhadap pertumbuhan bayam merah setelah lima tahun diterapkan pada Entisol. Penambahan pupuk urea juga dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah tanaman, dan kadar klorofil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adil, W. H., N. Sunarlim, & Roostika, I. (2006). Pengaruh tiga jenis pupuk nitrogen terhadap tanaman sayuran. *Journal Biodiversitas*, 7(1), 77–80. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070119>
- Akhtar, S. S., Andersen, M. N., & Liu, F. (2015). Residual effects of biochar on improving growth, physiology, and yield of wheat under salt stress. *Agricultural Water Management*, 158, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.04.010>
- Alkharabsheh, H. M., Seleiman, M. F., Battaglia, M. L., Shami, A., Jalal, R. S., Alhammad, B.A., Almutairi, K.F., & Al-Saif, A.M. (2021). Biochar and its broad impacts in soil quality and fertility, nutrient leaching, and crop productivity: A Review. *Agronomy*, 11(993), 3–29. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050993>
- Apori, S. O., John, B., & Gideon, K. M. (2021). Residual effects of corncob biochar on tropical degraded soil in central Uganda. *Environmental Systems Research*, 10(35), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s40068-021-00235-3>
- Arunkumar, S. (2020). Soil Physical and Chemical Properties in Relation to Plant Growth. *AgriCos e-Newsletter* 2(8): 64–66. https://www.researchgate.net/publication/360426655_soil_physical_and_chemical_properties_in_relation_to_plant_growth.
- Bahri, S., D. Budianta., & Munandar. (2016). Perubahan beberapa sifat fisik kimia tanah dengan pemberian biochar dan pupuk kandang ayam pada tanah Ultisol. *Jurnal Klorofil*, 11(2), 77–84. <https://doi.org/10.32502/jk.v11i2.431>
- Balai Penelitian Tanah (2009). *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, Dan Pupuk*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Bayu, P., Efrain. P., & Sarwono. (2013). Pengaruh cara penanaman dan dosis pupuk urea terhadap hasil dan pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus* L.) Unisri Surakarta. *Jurnal Inovasi Pertanian*, 12(2), 48–51. <https://doi.org/10.33061/innofarm.v12i2.796>
- Blanco, C. H. (2017). Biochar and soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 81(4), 687–711. <https://doi.org/10.2136/sssaj2017.01.0017>
- Bot, A., and José, B. (2005). *The Importance of Soil Organic Matter Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Clough, T. J., Condron, L. M., Kammann, C., & Muller, C. (2013). A review of biochar and soil Nitrogen dynamics. *Journal Agronomy*, 3(3), 275–293. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020275>
- Damanik, M., Bachtiar, M. B., Fauzi, E. H., Sarifuddin., & Hanum, H. (2011). *Kesuburan tanah dan pemupukan*. Universitas Sumatera Utara. Press. Medan.
- Ding, Y., Yunguo, L., Shaobo, L., Zhongwu, L., Xiaofei, T., Xixian, H., Guangming, Z., Lu, Z., & Bohong, Z. (2016). Biochar to improve soil fertility. *Agronomy Sustainable*, 36, 36. <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0372-z>
- Dion, D., Widowati, Wahyu, F. 2017. Pemanfaatan biochar dan pupuk kalium pada tanaman terung ungu (*Solanum melongena* L.) di Entisol. <https://garuda.kemdikbud.go.id/documents/detail/1198880>
- Fatmawati, T., Muharam. M., & Wagiono, W. (2021). Pengaruh pemberian pupuk organik cair cangkang telur ayam boiler dan pupuk anorganik urea terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) varietas mira. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 7(6), 38–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5548933>
- Firman, M. Z. (2017). Pengaruh residu biochar terhadap beberapa sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah Ultisol musim tanam ke-4. [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Furidah, N. (2018). Peran keanekaragaman hayati untuk mendukung Indonesia sebagai lumbung pangan dunia. *Prosiding Seminar Nasional*, 2(1), 239–246. http://repository.lppm.unila.ac.id/6858/1/Makalah%20Seminar%20UNS_Tempe_Samsul%20Rizal%20UNILA_R_EVISI.pdf

- Gaol, S. K. L., Hanum, H., & Sitanggang, G. (2014). Pemberian zeolite dan pupuk kalium untuk meningkatkan ketersediaan hara K dan pertumbuhan kedelai Entisol. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1151-1159. <https://doi.org/10.32734/jaet.v2i3.7499>
- Hale, S. E., V. Alling., V. Martinsen., J. Mulder., G. D. Breedveld., & Cornelissen, G. (2013). The sorption and desorption of phosphate-P, ammonium-N, and nitrate in cacao shell and corn cob biochars. *Journal Chemosphere*, 9(11), 1612-1619. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.12.057>
- Hardiansyah, M.R. 2013. Pengaruh Pemberian Kompos Kulit Durian Pada Entisol, Inseptisol, dan Ultisol Terhadap Beberapa Aspek Kesuburan Tanah (pH, C Organik, dan N Total) serta Produksi Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.). Skripsi. Universitas Sumatra Utara. Medan
- Hely, M. (2022). Uji pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor*, L.) yang diberi kompos biochar dan teh kompos di tanah alfisol semi arid. *Savana Cendana*, 1(1), 10-15. <https://doi.org/10.32938/sc.v7i01.1423>
- Herlambang, S., Purwono A. Z., Muammar, G., Astrid, W.A.W. (2020). *Biochar Salah Satu Alternatif Untuk Perbaikan Lahan Dan Lingkungan*. Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Joseph, S., Graber, E., Chia, C., Munroe, P., Donne, S., Thomas, T., Nielsen, S., Marjo, C., Rutledge, H., Pan, G., Li, L., Taylor, P., Rawal, A., & Hook, J. (2013). Shifting paradigms: Development of high-efficiency biochar fertilizers based on nano-structures and soluble components. *Carbon Management*, 4(3), 323-343. <https://doi.org/10.4155/cmt.13.23>
- Kapoor, A., Rakesh, S., Anil, K., & Swapana, S. 2022. Biochar as a means to improve soil fertility and crop productivity. *Journal of Plant Nutrition*, 45(15), 2380-2388, <https://doi.org/10.1080/01904167.2022.2027980>
- Kogoya, T., Darma, I.D., Sutedja, I.N. (2018). Pengaruh pemberian dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman bayam cabut putih (*Amaranthus tricolor* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 1(4), 575-584. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/IAT/article/view/44739>
- Kustiani, E., Mariyono, & Bela, C.A. 2021. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman bayam merah (*Amaranthus gangeticus*) pada perlakuan dosis pupuk ZA. *Jurnal Agrinika*, 5(2): 180- 188. <https://doi.org/10.30737/agrinika.v5i2.1946>
- Lehmann, J. & Joseph, S. (2015). *Biochar for environmental management: science, technology, and implementation*. 2nd Edition. Routledge.
- Li, X.X., Rensen, Z., & Hong, L. (2016). Improving crop nutrient efficiency through root architecture modifications. *Journal of Integrative Plant*, 5(3), 193-202. <https://doi.org/10.1111/jipb.12434>
- Mateus, R., Kantur, D., Moy, L.M. (2017). Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenah Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *Agrotrop*, 7 (2): 99 – 108. <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2017.v07.i02.p01>
- Mawardiana, Sufardi, Husen, E. 2013. Pengaruh residu biochar dan pemupukan npk terhadap dinamika nitrogen, sifat kimia tanah dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) musim tanam ketiga. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3): 255-260. <https://jurnal.usk.ac.id/MSDL/article/view/2198>
- Niswati, A., Abdul, K.S., Muhajir, U. & Maya, S. (2013). Perubahan sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman caisim (*Brassica juncea* L.) akibat pemberian biochar pada tanah topsoil dan sub- soil tanah Ultisol. *Prosiding Seminar Nasional, Universitas Lampung*, 13(1), 23-24. <http://repository.lppm.unila.ac.id/7036/1/Ainin%20dkk%20Prosiding%20BKS%202017.pdf>
- Oswaldus, Widowati, Hidayati, K. 2022. Dampak penggunaan biochar setelah lima tahun pada vertisol dan pemupukan npk terhadap hasil bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 18(1): 35-41. <http://doi.org/10.30598/jbdp.2022.18.1.35>
- Pamungkas, M. A., & Supijatno. (2017). Pengaruh pemupukan nitrogen terhadap tinggi dan percabangan tanaman teh (*Camelia Sinensis* (L.) O. Kuntze) untuk pembentukan bidang petik. *Bul. Agronomi*, 5(2), 234-241. <https://doi.org/10.29244/agrob.v5i2.16804>
- Prakongkep, N., Robert, J. G., Worachart, W., & Parapond, L. (2021). Effects of biochar on properties of tropical sandy soils under organic agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 13(1), 1-17. <https://doi:10.5539/jas.v13n1p1>
- Pusat Penyuluhan Pertanian Kementerian Pertanian. 2019. Budidaya bayam merah. <http://cybex.pertanian.go.id/mobile/artikel/89938/budidaya--bayam-merah/>

- Rizwan, M., Ali, S., Abbas, T., Adrees, M., Zia-ur-Rehman M., Ibrahim, M., Abbas, F., Qayyum, M. F., & Nawaz, R. (2018). Residual effects of biochar on growth, photosynthesis, and cadmium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) under Cd stress with different water conditions. *Journal Environmental Management*, 206, 676–683. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.10.035>
- Rosidi, A., Mulyati., & Sukartono. (2018). Evaluasi pengaruh residu biochar dan dosis nitrogen terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max*. L. Merill.) pada tanah bertekstur lempung berpasir. *Jurnal Ilmiah Budidaya*, 9(1), 1-8. <https://cropagro.unram.ac.id/index.php/caj/article/view/128>
- Saito, M., & Marumoto, T. (2012). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi: the status quo in Japan and the future prospects. *Journal Plant and Soil*, 244, 273-279. <https://doi.org/10.102287900415>
- Sarifuddin., Damanik, A. R. B., & Hanum, H. (2013). Dinamika N-NH₄⁺ dan N-NO₃⁻ akibat pemberian pupuk Urea dan CaCaO₃ pada tanah inceptisol kwala bekala dan kaitannya terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi*, 2(3), 100-326. <https://doi.org/10.32734/jaet.v2i3.7540>
- Simanjuntak, L., Sinaga, C. & Fatimah. 2014. Ekstraksi pigmen antosianin dari kulit buah naga merah. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 2(2), 25-29. <https://doi.org/10.32734/jtk.v3i2.1502>
- Sirait, R. F., Sarno, N. A. A. & Ainin, N. (2020). Pengaruh aplikasi biochar dan pemupukan nitrogen terhadap ketersediaan NPK tanah pada pertanaman jagung manis (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 37-46, <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v8i1.3680>
- Sizmur, T., Fresno, T., Akgül, G., & Frost, H. (2017). Biochar modification to enhance sorption of inorganics from water. *Bioresour Technol*, 246, 34–47. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.07.082>
- Sukartono, Bambang H. K., Suwardji, M. M., & Mulyati. (2019). Retensi hara beberapa biochar dari limbah tanaman dan pengaruhnya terhadap serapan N, P, K tanaman pagi gogo. *Jurnal Crop Agro*, 12(1), 9-19. <https://doi.org/10.29303/caj.v12i01.247>
- Triawirda, N. Musah., & F. Zakaria. (2013). Pengaruh pupuk organik pada terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassicajuncea* L.). [Skripsi]. Universitas Negeri Gorontalo
- Urrutia, O., Erro, J., Fuentes, M., Olaetxea, M, and Garnica, M. (2020). *The effect of soil organic matter on plant mineral nutrition*. The Chapter is taken from: Rengel, Z.(ed.), *Achieving sustainable crop nutrition*. Burleigh Dodds Science Publishing, Cambridge, UK. <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2019.0062.14>
- Wibowo, S.A., Lengga, N.D., Eko, C.W., Buana, S., Endry, N.P. 2017. Pengaruh biochar berbasis biofertilizer untuk meningkatkan produksi sawi (*Brassica juncea* L.). *Proceeding Biology Education Conference*, 14(1), 271 – 275. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/17792>
- Wibowo, A. S., N. Barunawati., & M. D. Maghfoer. (2017). Respon hasil tanaman jagung manis (*Zea mays* L. saccharata) terhadap pemberian KCl dan pupuk kotoran ayam. *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(8), 1381-1388. <http://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/517>
- Widowati, A., & Utomo, W. H. (2014). The use of biochar to reduce nitrogen and potassium leaching from soil cultivated with maize. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 2(1), 211-218. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2014.021.211>
- Widowati, A., Sumiati, A., & Wahyu, F. (2017). The residual effect of potassium fertilizer and biochar on the growth and yield of the maze in the second season. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 4(4), 881. <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2017.044.881>
- Widowati, S, Karamina, H. and Fikrinda, W. (2020). Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties of the three soil types after the second corn cultivation. *AIMS Agriculture and Food*, 5(1), 150-168. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.1.150>.
- Widowati, U, W. H., Soehono, L. A., & Guritno, B. (2011). Effect of biochar on the release and loss of nitrogen from urea fertilization. *Journal of Agriculture and Food Technology*, 1, 127-132. [https://www.textroad.com/pdf/IJFT/I.%20Agric.%20Food.%20Tech..%201\(7\)%20127-132,%202011.pdf](https://www.textroad.com/pdf/IJFT/I.%20Agric.%20Food.%20Tech..%201(7)%20127-132,%202011.pdf)

- Wintermans, J. F. G. M., & De, M. A. (1965). Spectrophotometric characteristics of. Chlorophylls a and b and their pheophytins in ethanol. *Biochimica Biophysica Acta*, 109, 448-453. [https://doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)
- Xiang, Y., Qi, D., Honglang, D., & Y. Ing, G. (2017). Effects of biochar application on root traits: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 9, 1563–1572. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12449>