

# PENGARUH RESIDU BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN N, P, K TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT TANAH PADA TANAMAN JAGUNG (*ZEA MAYS L.*) DI TANAH ULTISOL

*Effect Of Soil Amendment Residues And N, P, K Fertilization On Soil Aggregate Stability In Corn (Zea Mays L.) In Ultisol Soils*

Syifa Salsabila<sup>\*</sup>, Afandi, Liska Mutiara Septiana, Sri Yusnaini, Rizki Afriliyanti, Fajri Syahid Nurhakim

Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

<sup>\*</sup>Corresponding Author. E-mail address: [salsabillasyifa629@gmail.com](mailto:salsabillasyifa629@gmail.com)

## INFO ARTIKEL:

Diterima: 01-01-2026  
Disetujui: 19-01-2026

## ABSTRAK

Budidaya tanaman jagung (*Zea Mays L.*) pada lahan kering masam, seperti tanah Ultisol memiliki produktivitas yang belum optimal. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemantapan agregat tanah pada tanaman jagung akibat aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, dan K. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu B: residu biochar, terdiri dari 4 taraf yaitu B<sub>0</sub>: tanpa residu biochar (0 Mg ha<sup>-1</sup>); B1: residu biochar sekam padi (5 Mg ha<sup>-1</sup>); B2: residu biochar tongkol jagung (5 Mg ha<sup>-1</sup>); B3: residu biochar batang singkong (5 Mg ha<sup>-1</sup>). Faktor kedua yaitu P: dosis pemupukan, terdiri dari 3 taraf yaitu P0: tanpa pemupukan; P1: ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>); P2: 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>). Penggunaan residu bahan pembenah tanah, seperti biochar dapat meningkatkan kualitas tanah berkaitan dengan karakteristik biochar yang rekalsitran Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemantapan agregat tanah dengan perlakuan residu bahan pembenah tanah berpengaruh nyata dengan harkat sangat mantap, sedangkan perlakuan dosis pemupukan N, P, dan K tidak berpengaruh nyata. Interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap kemantapan agregat tanah dengan kombinasi perlakuan terbaik pada B2 (residu biochar tongkol jagung) dan P2 (1 dosis pemupukan).

## KATA KUNCI:

Jagung, Kemantapan Agregat, NPK, Residu Biochar dan Pupuk Kandang

## ABSTRACT

*The cultivation of corn (Zea Mays L.) on acid dry land, such as Ultisol soil has not optimal productivity. This research aims to see the stability of soil aggregates in corn plants due to the application of residual soil amendments and fertilization of N, P, and K. This research was conducted at the Integrated Field Laboratory (LTPD), Faculty of Agriculture, University of Lampung. This research was conducted using a Randomized Group Design (RAK) arranged factorially with two treatment factors. The first factor is B: biochar residue, consisted of 4 levels, namely B<sub>0</sub>: without biochar residue (0 Mg ha<sup>-1</sup>); B1: rice husk biochar residue (5 Mg ha<sup>-1</sup>); B2: corn cob biochar residue (5 Mg ha<sup>-1</sup>); B3: cassava stem biochar residue (5 Mg ha<sup>-1</sup>). The second factor is P: fertilization dose, consisted of 3 levels, namely P0: no fertilization; P1: ½ dose of fertilization (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>); P2: 1 dose of fertilization (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>). The use of soil amendment residues, such as biochar can improve soil quality related to the recalcitrant characteristics of biochar. The results showed that the stability of soil aggregates with residual soil amendment had a real effect with a very stable mark, while the treatment of fertilization doses of N, P, and K had no real effect. The interaction of the two treatments had a very significant effect on the stability of soil aggregates with the best treatment combination in B2 (corn cob biochar residue) and P2 (1 dose of fertilization).*

## KEYWORDS:

Aggregates stability, Biochar and Manure Residue, Corn, NPK

## PENDAHULUAN

Jagung berperan sebagai sumber karbohidrat kedua setelah beras dan memiliki peranan yang krusial dalam menjaga ketahanan pangan serta sebagai penyedia bahan baku industri nasional. Menurut Badan Pusat Statistik (2023) produktivitas tanaman jagung di Provinsi Lampung mengalami penurunan dari tahun 2022 sebesar 1.443 ton menjadi 1.103 ton pada 2023. Salah satu faktor yang memengaruhi rendahnya produktivitas tersebut yaitu kondisi lahan yang didominasi oleh lahan kering masam dengan ordo tanah Ultisol. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan meningkatkan kualitas tanah, seperti dengan penambahan bahan pembenh tanah dan pemupukan. Tanah Ultisol memiliki kandungan hara yang rendah karena pencucian basa yang intensif sedangkan proses dekomposisi berjalan cepat, hal ini menyebabkan kesuburan tanah relatif rendah. Salah satu indikator kesuburan tanah adalah dengan melihat sifat fisik tanah, seperti kemantapan agregat tanah karena agregat yang mantap berpengaruh terhadap peningkatan porositas tanah, mendukung pertumbuhan akar, kapasitas tanah dalam membentuk pori-pori sebagai tempat tersedianya air, udara, dan unsur hara yang berperan penting dalam mendukung produktivitas tanaman (Septiana dkk., 2021). Tambunan dkk. (2014) menyatakan bahwa upaya meningkatkan kualitas tanah dapat dilakukan dengan pemanfaatan aplikasi bahan pembenh tanah, seperti *biochar* dan pupuk kandang sapi.

*Biochar* memiliki sifat resisten terhadap proses dekomposisi sehingga masih terdapat residu yang tertinggal didalam tanah (Lehman, 2006). Oleh karena itu, *biochar* tidak perlu ditambahkan setiap musim (Herman dan Resigia, 2021). Selanjutnya penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan bahan organik tanah yang berperan sebagai perekat alami untuk membantu proses agregasi tanah dan meningkatkan kemantapan struktur menjadi lebih stabil, gembur, dan tidak mudah tererosi (Oesman dkk., 2021). *Biochar* merupakan bahan pembenh tanah kaya karbon dan lebih resisten terhadap pelapukan dibandingkan dengan pupuk kandang sehingga kombinasi keduanya dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Meskipun mengandung unsur hara, pembenh tanah tidak diklasifikasikan menjadi pupuk karena kandungan haranya rendah dan ketersediannya bagi tanaman umumnya lambat sehingga tidak mampu mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman secara langsung sehingga tetap memerlukan pemupukan (Dariah dkk., 2015).

Tanah Ultisol umumnya memiliki kandungan unsur hara N, P, dan K sangat rendah (Nursyamsi dkk., 2002). Pemupukan dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penggunaan pupuk anorganik diperlukan untuk menyediakan unsur hara makro secara cepat untuk tanaman sehingga kombinasi aplikasi residu pembenh tanah berupa *biochar* dan pupuk kandang sapi dengan pemupukan NPK berpotensi memberikan efek sinergis dalam memperbaiki kondisi tanah Ultisol, khususnya pada kemantapan agregat tanah.

## METODE

Penelitian lapangan dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Maret - Juli 2024. Sedangkan analisis fisika tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Juli – Desember 2024. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan total satuan percobaan ( $3 \times 4 \times 3$ ) sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Perlakuan tersebut terdiri dari dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu B : residu biochar, terdiri dari 4 taraf yaitu B<sub>0</sub> : tanpa residu biochar ( $0 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); B<sub>1</sub> : residu biochar sekam padi ( $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); B<sub>2</sub> : residu biochar tongkol jagung ( $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ); B<sub>3</sub> : residu biochar batang singkong ( $5 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Faktor kedua yaitu P : dosis pemupukan, terdiri dari 3 taraf yaitu P<sub>0</sub> : tanpa pemupukan; P<sub>1</sub> :  $\frac{1}{2}$  dosis pemupukan (Urea 225

Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>); P<sub>2</sub> :1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>). Tata letak percobaan terdiri dari dua belas perlakuan dan tiga kali ulangan sehingga didapatkan 36 satuan percobaan.

Variabel pengamatan kemantapan agregat tanah ditentukan dengan metode analisis menurut De Boodth dan De Leenher (1959) dengan modifikasinya (Afandi, 2019). Kemantapan agregat dianalisis melalui proses pemecahan agregat tanah dalam kondisi kering dan basah melewati ayakan ukuran 8 mm, 4,76 mm, 2,83 mm, 2 mm, 1 mm, dan 0,5 mm. Variabel pengamatan lainnya berupa analisis struktur tanah, C-organik tanah, dan produksi jagung. Data yang diperoleh dibandingkan dengan nilai atau kriteria yang ada kemudian dilakukan analisis ragam. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan menggunakan uji *Bartlet*, lalu data diuji aditivitas dengan menggunakan uji *Tukey*. Jika asumsi terpenuhi, maka data dapat diolah dengan analisis ragam. Hasil rata-rata nilai tengah dari data yang diperoleh diuji dengan uji BNT taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis kemantapan agregat (Tabel 1), menunjukkan bahwa perlakuan residu bahan pembenah tanah memiliki harkat kemantapan agregat sangat mantap, sedangkan perlakuan tanpa residu bahan pembenah tanah memiliki harkat yang berbeda-beda.

Tabel 1. Hasil Kemantapan Agregat Tanah

Perlakuan	RBD Kering	RBD Basah	Indeks Kemantapan Agregat	Harkat Kemantapan Agregat
B0P0	5.15	3.73	70.59	Mantap
B0P1	5.15	3.47	59.29	Agak Mantap
B0P2	5.14	3.63	66.37	Mantap
B1P0	5.19	3.90	77.32	Mantap
B1P1	5.16	4.03	88.5	Sangat Mantap
B1P2	5.15	3.93	81.97	Sangat Mantap
B2P0	5.16	4.00	86.46	Sangat Mantap
B2P1	5.10	4.30	125.52	Sangat Mantap
B2P3	5.15	4.47	145.63	Sangat Mantap
B3P0	5.17	4.07	90.63	Sangat Mantap
B3P1	5.08	4.27	122.45	Sangat Mantap
B3P2	5.11	4.23	113.64	Sangat Mantap
Sumber Keragaman			F Hitung dan Signifikansi	
Pembenah Tanah (B)			5.13*	
Pupuk (P)			1.10tn	
BxP			25.60**	

Keterangan: B<sub>0</sub> = Tanpa residu pembenah tanah; B<sub>1</sub> = Residu *biochar* padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; B<sub>2</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; B<sub>3</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; P<sub>0</sub> = Tanpa pemupukan; P<sub>1</sub> = Pemupukan ½ dosis; P<sub>2</sub> = Pemupukan 1 dosis.

Pada uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan residu bahan pembenah tanah berpengaruh nyata, sedangkan perlakuan pemupukan tidak berpengaruh nyata. Interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata, kemantapan agregat pada perlakuan residu bahan pembenah tanah lebih baik karena bahan organik memiliki sifat sebagai perekat alami yang mendukung menyatukan partikel-partikel primer tanah sehingga memperkuat pembentukan agregat tanah dan meningkatkan kemantapan strukturnya (Oesman dkk., 2021). Selain itu, hasil penelitian (Hidayati, 2008) menunjukkan bahwa penambahan kombinasi bahan organik dan *biochar* berpengaruh nyata terhadap bobot volume tanah, maka diasumsikan bahwa kombinasi keduanya dapat mengurangi kerapatan tanah dan memperbaiki struktur menjadi lebih remah sehingga mampu meningkatkan kemantapan agregat.

Kombinasi bahan pembenh tanah dengan pemupukan NPK yang menyediakan unsur hara secara langsung memungkinkan keterpaduan peran yang kuat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Zurhalena dan Farni (2017) bahwa perlakuan bahan organik dan *biochar* dapat meningkatkan kemantapan agregat dibandingkan dengan tanpa penambahan bahan organik. Kemudian penelitian Yang *et al.* (2017) bahwa pemberian *biochar* 20 Mg ha<sup>-1</sup> setelah dua tahun dan penambahan pemupukan anorganik dapat meningkatkan stabilitas kemantapan agregat tanah.

Pada (Tabel 2) kemantapan agregat tanah pada perlakuan tanpa residu bahan pembenh tanah (B<sub>0</sub>) dan perlakuan residu *biochar* sekam padi (B1) menunjukkan bahwa tidak terdapat beda nyata pada penambahan dosis pemupukan. Pada perlakuan residu *biochar* tongkol jagung (B2) menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemupukan (P0) berbeda nyata dengan pemupukan ½ dosis (P1) dan pemupukan dosis 1 (P2). Kemudian pada perlakuan residu *biochar* batang singkong (B3) menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan ½ dosis (P1) tidak berbeda nyata dengan pemupukan dosis penuh (P2), tetapi berbeda nyata dengan perlakuan tanpa pemupukan (P0).

Menurut penelitian Arthawidya dkk. (2017) bahwa *biochar* dengan rasio C/N rendah cenderung mengalami dekomposisi lebih cepat, diketahui bahwa kandungan C/N *biochar* tongkol jagung 153,98% yaitu lebih tinggi dibandingkan dengan C/N *biochar* sekam padi 65,70% dan C/N batang singkong 55,24%. Dekomposisi *biochar* tongkol jagung yang lebih lambat memungkinkan keberadaan karbon stabil yang melimpah didalam tanah, karbon organik tanah berperan sebagai perekat alami antar partikel tanah sehingga dapat mendukung pembentukan agregat tanah terkait perannya dalam meningkatkan penggabungan partikel tanah menjadi agregat (Yang *et al.*, 2024). *Biochar* memiliki pori yang besar sehingga dapat menyerap karbon organik tanah, menjadi habitat mikroorganisme yang akhirnya menyumbangkan bahan organik perekat partikel tanah, dan memperlambat dekomposisi karbon.

Tabel 2. Interaksi Pemberian Kombinasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Kemantapan Agregat Tanah

Perlakuan	Indeks Kemantapan Agregat			
	B0	B1	B2	B3
P0	70.76 (a) A	77.39 (a) A	86.61 (a) A	90.99 (a) A
P1	59.42 (a) A	88.59 (a) A	127.84 (c) B	123.38 (c) B
P2	66.7 (a) A	82.17 (a) A	163.39 (b) C	115.09 (c) B
BNT 5%	22.00			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5% ; Huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Perlakuan pemupukan NPK yang dikombinasikan dengan amelioran, maka dapat meningkatkan rata-rata stabilitas agregat. Menurut Tisdall and Oades, (1980) dalam (Totsche *et al.*, 2018) agregasi dengan akar dan hifa jamur tergolong pada skala hierarki agregasi sementara (temporary), penambahan *biochar* diasumsikan turut berperan aktif dalam pembentukan agregat tanah dengan meningkatkan hifa jamur yang pengaruhnya terhadap agregasi dapat bertahan hingga beberapa tahun (Totsche *et al.*, 2018). Selain itu, akar tanaman berperan dalam agregasi dengan memecah tanah menjadi lebih gembur, akar mati yang menyumbangkan bahan organik, hasil eksudat akar, dan pengikatan antar partikel-partikel tanah menjadi makro agregat oleh akar (Afandi, 2019). Stuktur tanah dengan metode visual assesssment dapat dilihat pada (Gambar 1) dan (Tabel 3) menunjukkan bahwa seluruh perlakuan dalam kriteria VS 1 sedang, sesuai dalam buku Sheperd (2008) bahwa kondisi sedang merupakan kondisi tanah dengan proporsi yang

signifikan (sekitar 50%) dari gumpalan kasar dan agregat halus gembur. Gumpalan kasar keras dan memiliki bentuk sub-angul. Kondisi serupa juga dijelaskan oleh Saigy (2018) bahwa pengaruh residu limbah bahan organik setelah 2 tahun dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah sehingga memperbaiki kondisi struktur tanah menjadi remah dan berpori, serta menghasilkan distribusi agregat yang lebih merata dan tahan terhadap gangguan mekanis maupun erosi.



Gambar 1. *Visual Soil Assessment* Struktur Tanah seluruh perlakuan. Seluruh perlakuan pada kriteria kondisi sedang atau VS=1 yaitu tanah memiliki proporsi yang signifikan (50%) dari gumpalan kasar dan agregat halus gembur. Gumpalan kasar ber-bentuk keras, dan juga memiliki bentuk sub-angul (Sheperd, 2008).

Ringkasan analisis ragam (Tabel 3), menunjukkan bahwa tidak terdapat pengaruh nyata pada perlakuan *biochar* dan pemupukan terhadap berbagai ukuran agregat tanah. Kemudian terdapat interaksi nyata pada struktur agregat ukuran < 0,05 mm dan terdapat interaksi sangat nyata pada agregat ukuran > 1,00 mm, > 2,00 mm, > 4,76 mm, dan > 8,00 mm. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Hidayati (2008) bahwa pemberian *biochar* dikombinasikan dengan bahan organik, seperti pupuk kandang sapi dapat mengurangi kerapatan tanah sehingga meningkatkan struktur tanah menjadi lebih gembur. Karakteristik *biochar* yang dapat bertahan didalam tanah dalam waktu ribuan tahun dengan proses dekomposisi yang lambat memungkinkan terdapat residu yang tertinggal untuk perbaikan kualitas tanah secara berkelanjutan (Lehman *et al.*, 2006), penelitian jangka panjang dengan penambahan bahan pembenah tanah memungkinkan tanah

menyimpan kandungan bahan organik yang dapat tersedia secara perlahan dan berperan dalam meningkatkan struktur tanah secara berkelanjutan.

Tabel 3. Ringkasan Analisis Ragam Alikasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Struktur Tanah pada Tanaman Jagung

Perlakuan	<0.05 mm	>0.05 mm	>1.00 mm	>2.00 mm	>2.83 mm	>4.76 mm	>8.00 mm	Skor Visual <sup>1</sup>
B <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	7,91	10,80	11,88	12,86	18,06	20,78	17,69	Sedang VS =1
B <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	7,77	11,69	11,83	15,14	18,49	20,37	14,68	Sedang VS =1
B <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	7,14	11,93	12,65	15,40	17,47	19,93	15,46	Sedang VS =1
B <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	8,08	11,13	12,58	16,18	16,83	21,32	13,86	Sedang VS =1
B <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	6,97	11,51	13,82	16,26	16,29	18,23	16,90	Sedang VS =1
B <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	6,96	11,54	14,47	16,84	18,20	19,41	12,56	Sedang VS =1
B <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	6,73	11,61	14,42	18,02	17,90	20,64	10,30	Sedang VS =1
B <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	7,07	12,05	14,61	16,14	17,45	21,32	11,35	Sedang VS =1
B <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	7,71	11,76	14,72	18,52	17,11	19,00	11,17	Sedang VS =1
B <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	6,84	12,85	14,74	17,28	17,42	19,00	11,85	Sedang VS =1
B <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	6,82	11,85	14,68	17,25	17,24	19,70	12,44	Sedang VS =1
B <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	7,10	12,18	14,16	16,64	17,31	18,49	14,09	Sedang VS =1
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi							
Pembenh Tanah (B)	0,22 <sup>tn</sup>	0,23 <sup>tn</sup>	1,89 <sup>tn</sup>	3,03 <sup>tn</sup>	0,28 <sup>tn</sup>	0,97 <sup>tn</sup>		
Pupuk (P)	0,05 <sup>tn</sup>	0,03 <sup>tn</sup>	0,17 <sup>tn</sup>	0,31 <sup>tn</sup>	0,37 <sup>tn</sup>	0,02 <sup>tn</sup>		
BxP	3,14 <sup>*</sup>	1,93 <sup>tn</sup>	9,31 <sup>**</sup>	18,28 <sup>**</sup>	4,24 <sup>**</sup>	5,77 <sup>**</sup>		

Keterangan: B<sub>0</sub> = Tanpa residu pembenh tanah; B<sub>1</sub> = Residu biochar padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; B<sub>2</sub> = Residu biochar jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; B<sub>3</sub> = Residu biochar jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; P<sub>0</sub> = Tanpa pemupukan ; P<sub>1</sub> = Pemupukan ½ dosis ; P<sub>2</sub> = Pemupukan 1 dosis.

Kategori struktur tanah menurut (Sheperd, 2008) bahwa semakin besar persentase agregat bongkahan besar dan kasar, seperti pada agregat ukuran >2,83 , > 4,76 mm, dan > 8,00 mm maka kategorinya semakin buruk. Pada uji lanjut BNT agregat ukuran > 4,76 mm menunjukkan bahwa terdapat beda nyata antara B<sub>2</sub>P<sub>1</sub> dan B<sub>2</sub>P<sub>2</sub>. Hasil penelitian Yang et al. (2024) menunjukkan bahwa pemberian *biochar* 10-30 Mg ha<sup>-1</sup> dapat mengurangi kerusakan pada agregat dan memungkinkan perbaikan struktur tanah menjadi lebih gembur. Karbon organik berkontribusi dalam pembentukan agregat tanah, seperti pada agregat ukuran >5 mm dan agregat ukuran 2-5 mm. Hal ini sejalan dengan penelitian Zhang et al. (2017) bahwa semakin besar aplikasi *biochar*, maka aktivitas mikroorganisme semakin tinggi berkaitan dengan pori *biochar* yang dapat menjadi habitat mikroorganisme dan kandungan karbon stabil pada *biochar* dapat menjadi sumber energi bagi mikroorganisme. Aktivitas mikroorganisme menghasilkan senyawa organik yang dapat merekatkan partikel-partikel tanah dan memperbaiki struktur tanah.

Tabel 4. Uji BNT pada Taraf 5% Struktur Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea Mays L.*)

Perlakuan	Struktur < 0.05 mm			
	B0	B1	B2	B3
P0	7.91 (b) A	8.08 (b) B	6.73 (a) A	6.84 (a) A
P1	7.77 (a) A	6.97 (a) A	7.07 (a) A	6.82 (c) B
P2	7.14 (a) A	6.96 (a) A	7.71 (a) A	7.10 (c) B
BNT 5%	1.04			
Perlakuan	Struktur > 1.00 mm			
	B0	B1	B2	B3
P0	11.88 (a) A	12.58 (b) A	14.42 (b) A	14.74 (b) A
P1	11.83 (a) A	13.82 (b) AB	14.61 (b) A	14.68 (b) A
P2	12.65 (a) A	14.47 (b) B	14.72 (b) A	14.16 (b) A
BNT 5%	1.41			
Perlakuan	Struktur >2.00 mm			
	B0	B1	B2	B3
P0	12.86 (a) A	16.18 (b) A	18.39 (c) B	17.28 (bc) A
P1	15.14 (a) B	16.26 (ab) A	16.14 (ab) A	17.26 (b) A
P2	15.40 (a) B	16.84 (b) A	18.52 (c) A	16.64 (a) A
BNT 5%	1.35			
Perlakuan	Struktur > 4.76 mm			
	B0	B1	B2	B3
P0	20.78 (ab) A	21.32 (b) B	20.64 (ab) AB	19.00 (a) A
P1	20.37 (b) A	18.23 (a) A	21.32 (b) B	19.70 (ab) A
P2	19.93 (a) A	19.41 (a) AB	19.00 (a) A	18.49 (a) A
BNT 5%	1.97			
Perlakuan	Struktur > 80.00 mm			
	B0	B1	B2	B3
P0	17.69 (b) A	13.86 (a) AB	10.30 (a) A	11.85 (a) A
P1	14.68 (ab) A	16.90 (b) B	11.53 (a) A	12.44 (a) A
P2	15.46 (a) A	12.56 (ab) A	11.17 (a) A	14.09 (ab) A
BNT 5%	3.70			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%; Huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Data C-organik tanah dapat dilihat pada (Tabel 5), hasil analisis ragam diketahui bahwa perlakuan residu bahan pembenah tanah + pukan sapi berpengaruh sangat nyata, tetapi perlakuan pemupukan N, P, dan K tidak berpengaruh nyata. Sedangkan interaksi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan berpengaruh sangat nyata.

Tabel 5. Ringkasan Analisis Ragam Aplikasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan N NPK terhadap C – organik Tanah pada Tanaman Jagung

Perlakuan	C - Organik Tanah	Kriteria <sup>1</sup>
B <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0,66	sangat rendah
B <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	0,39	sangat rendah
B <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	0,63	sangat rendah
B <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	1,06	rendah
B <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	1,58	rendah
B <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	1,36	rendah
B <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	1,29	rendah
B <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	1,61	rendah
B <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	1,72	rendah
B <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	1,16	rendah
B <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	1,64	rendah
B <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	1,36	rendah
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi	
Pembenh Tanah (B)	12,82**	
Pupuk (P)	1,81 <sup>tn</sup>	
BxP	63,88**	

Keterangan: B<sub>0</sub> = Tanpa residu pembenh tanah; B<sub>1</sub> = Residu *biochar* padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; B<sub>2</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; B<sub>3</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>; P<sub>0</sub> = Tanpa pemupukan; P<sub>1</sub> = Pemupukan ½ dosis; P<sub>2</sub> = Pemupukan 1 dosis. <sup>1</sup> = Balai Penelitian Tana, 2023.

Menurut Drane *et al.* (2023) *biochar* tongkol jagung mengandung hemiselulosa, selulosa, dan lignin yang dapat menjadi sumber energi mikroorganisme serta memiliki karakteristik porous dengan luas permukaan yang tinggi. Ketersediaan sumber energi dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang pada akhirnya menghasilkan bahan organik tanah. Kemudian semakin luas permukaan *biochar*, maka memungkinkan peningkatan area untuk menahan bahan organik dan sebagai habitat mikroorganisme. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik *biochar* tongkol jagung dapat mempertahankan dan meningkatkan C-organik tanah.

*Biochar* yang dikombinasikan dengan bahan lain yang termasuk bahan organik, seperti pupuk kandang sapi dapat mempercepat pemulihan tanah berkaitan dengan karakteristik rekalsitran yaitu tahan terhadap proses dekomposisi didalam tanah (Steiner *et al.*, 2007). Dampak positif dari penambahan *biochar* pada tanah cenderung meningkat secara bertahap seiring waktu.

Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan bahwa pengaruh kandungan C-organik berbeda-beda tergantung pada jenis residu bahan pembenh tanah yang digunakan. Hasil yang hampir sama disampaikan oleh Siahaan (2016) bahwa penambahan berbagai jenis *biochar* mampu meningkatkan C-organik hingga 1,53%, diduga hal ini salah satunya dipengaruhi oleh kandungan C/N *biochar*. *Biochar* tongkol jagung memiliki kandungan C/N 153,98% lebih tinggi dibandingkan C/N *biochar* batang singkong dan sekam padi, semakin tinggi rasio C/N *biochar* maka proses dekomposisi berjalan lebih lambat sehingga memungkinkan ketersediaan bahan organik yang tinggi. Oleh karena itu, pada perlakuan residu *biochar* tongkol jagung menunjukkan hasil tertinggi yaitu sebesar 1,72%.

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Aplikasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan NPK terhadap C – Organik Tanah pada Tanaman Jagung

Perlakuan	% C-Organik			
	B <sub>0</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>
P <sub>0</sub>	0,66 (a) B	1,06 (b) A	1,29 (c) A	1,16 (bc) A
P <sub>1</sub>	0,39 (a) A	1,58 (b) C	1,61 (b) B	1,64 (b) B
P <sub>2</sub>	0,63 (a) B	1,36 (b) B	1,72 (c) B	1,36 (b) A
BNT 5%	0,21			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5% ; Huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

*Biochar* yang dikombinasikan dengan bahan lain yang termasuk bahan organik, seperti pupuk kandang sapi dapat mempercepat pemulihan tanah berkaitan dengan karakteristik rekalsitrasi yaitu tahan terhadap proses dekomposisi didalam tanah (Steiner *et al.*, 2007). Dampak positif dari penambahan *biochar* pada tanah cenderung meningkat secara bertahap seiring waktu.

Menurut Badan Pusat Statistik (2023) produktivitas rata-rata jagung nasional yaitu sekitar 5,7-6,6 ton, pada (Tabel 7) menunjukkan bahwa produksi tertinggi yaitu pada B<sub>2</sub>P<sub>2</sub> sebesar 9,42 ton sehingga menunjukkan peningkatan produksi dari data nasional.

Tabel 7. Ringkasan Analisis Ragam Aplikasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Produksi Jagung

Perlakuan	Produksi Jagung (Ton ha <sup>-1</sup> )
B <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	5,76
B <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	6,65
B <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	6,26
B <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	5,53
B <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	7,05
B <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	7,22
B <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	6,52
B <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	8,21
B <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	9,46
B <sub>3</sub> P <sub>0</sub>	5,96
B <sub>3</sub> P <sub>1</sub>	8,47
B <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	9,19
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi
Pembenh Tanah (B)	0,53tn
Pupuk (P)	1,03tn
BxP	5,70**

Keterangan: B<sub>0</sub> = Tanpa residu pembenh tanah; B<sub>1</sub> = Residu *biochar* padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; B<sub>2</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; B<sub>3</sub> = Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> ; P<sub>0</sub> = Tanpa pemupukan ; Pemupukan ½ dosis ; P<sub>2</sub> = Pemupukan 1 dosis.

*Biochar* dengan karakteristik resisten terhadap dekomposisi berperan sebagai bahan pembenh tanah yang dapat meningkatkan kapasitas tanah menyimpan dan menyediakan unsur hara sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik (Saidy, 2018). Selain itu, *biochar* mengandung karbon stabil yang dapat bertahan hingga ribuan tahun sehingga dapat menjaga kesuburan tanah secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan penelitian Farahmita dkk. (2017) bahwa pemberian *biochar* 40 ton ha<sup>-1</sup> dengan pemupukan Urea 20 kg ha<sup>-1</sup> dan Phonska 200 kg ha<sup>-1</sup> di tanah Ultisol dapat meningkatkan produksi tanaman jagung.

Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan bahwa perlakuan residu biochar tongkol jagung (B2) dan batang singkong (B3) dapat meningkatkan produksi jagung dibandingkan dengan tanpa residu biochar (B<sub>0</sub>) dan residu biochar sekam padi (B1).

Tabel 8. Pengaruh Interaksi Aplikasi Residu Bahan Pembenh Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Produksi Jagung

Perlakuan	Produksi Jagung (ton ha <sup>-1</sup> )			
	B0	B1	B2	B3
P0	5.76 (a) A	5.53 (a) A	6.52 (a) A	5.96 (a) A
P1	6.65 (a) A	7.05 (b) B	8.21 (a) AB	8.47 (a) B
P2	6.25 (a) A	7.22 (a) A	9.46 (c) B	9.19 (b) B
BNT 5%	3.70			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5% Huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Pemberian pupuk anorganik dengan penambahan bahan pembenh tanah dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, tetapi tetap menjaga kualitas tanah secara berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Ceunfin dkk. (2020) bahwa pemberian bahan pembenh tanah berupa *biochar* berpengaruh nyata meningkatkan produksi tanaman jagung setelah musim tanam kedua.

## KESIMPULAN

Kemantapan agregat tanah dengan perlakuan residu bahan pembenh tanah berpengaruh nyata dengan harkat sangat mantap, sedangkan perlakuan dosis pemupukan N, P, dan K tidak berpengaruh nyata. Interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap kemantapan agregat tanah dengan kombinasi perlakuan terbaik pada B2 (residu biochar tongkol jagung) dan P2 (1 dosis pemupukan).

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih pada semua pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam penulisan jurnal ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arthawidya, J., Sutrisno, E., & Sumiyati, S. (2017). Analisis komposisi terbaik dari variasi C/N rasio menggunakan limbah kulit buah pisang, sayuran dan kotoran sapi dengan parameter C-organik, N-total, phospor, kalium dan C/N rasio menggunakan metode vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(3): 1–2.
- Badan Pusat Statistika. (2023). Luas panen, produksi, dan produktivitas jagung menurut provinsi (2022–2024).
- Ceunfin, S., Neonbeni, E.Y., Nino, J., Agu, Y.P., Pareira, M.S., Seran, J., Metkono, & Biamnasi, M.Y. (2020). Pengaruh biochar dan residunya serta umur defoliasi daun jagung terhadap keuntungan hasil jagung dan beberapa jenis kacang tipe tegak secara salome di lahan kering. *Savana Cendana*. 5(1): 9–14.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N.L., Hartatik, W., & Pratiwi, E. (2015). Pembenh tanah untuk meningkatkan produktivitas lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 9(2): 67–84.
- Herman, W., & Resigia, E. (2021). Efek residu biochar sekam dan kompos jerami padi sebagai bahan pembenh tanah pada musim tanam kedua terhadap pertumbuhan padi di Ultisol. *Jurnal Ilmiah Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh*. 20(2): 79–86.

- Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 11: 403–427.
- Murni, A.M. (2008). Menentukan kebutuhan nitrogen, fosfor dan kalium untuk tanaman jagung berdasarkan target hasil dan efisiensi agronomik pada lahan kering Ultisol Lampung. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 10(2): 46–49.
- Oesman, R., Zulfida, I., Harahap, R., & Samah, E. (2021). Efisiensi pemupukan tanaman jagung pada tanah Ultisol untuk meningkatkan produksi dan kapasitas petani. Medan: Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia.
- Pasang, Y.H., Jayadi, M., & Rismaneswati. (2019). Peningkatan unsur hara fospor tanah Ultisol melalui pemberian pupuk kandang, kompos dan pelet. *Jurnal Ecosolum*. 8(2): 86–96.
- Septiana, L.M., Indhira, H., Afandi, & Banuwa, I.S. (2021). Efektivitas bahan pembenah tanah terhadap distribusi agregat di lahan kering masam pada pertanaman kedelai. *Jurnal Agrotropika*. 9(2): 251–259.
- Shalsabila, F., Prijono, S., & Kusuma, Z. (2017). Pengaruh aplikasi biochar kulit kakao terhadap kemantapan agregat dan produksi tanaman jagung pada Ultisol Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 4(1): 473–480.
- Shepherd, G. (2008). Visual soil assessment volume 1: Field guide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country. New Zealand: Landcare Research.
- Steiner, C. (2007). Soil charcoal amendments maintain soil fertility and establish carbon sink – research and prospects. *Soil Ecology Research Development*. 1: 1–6.
- Sun, Q., Meng, J., Lan, Y., Shi, G., Yang, X., Cao, D., & Han, X. (2021). Long-term effects of biochar amendment on soil aggregate stability and biological binding agents in brown earth. *Catena*. 205: 105460.
- Tambunan, S., Siswanto, B., & Handayanto, E. (2014). Biochar terhadap ketersediaan P dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(1): 85–92.
- Tisdall, J.M., & Oades, J.M. (1982). Organic matter and water-stable aggregates in soils. *Journal of Soil Science*. 33: 141–163.
- Totsche, K.U., Amelung, W., Gerzabek, M.H., Guggenberger, G., Klumpp, E., Knief, C., & Kögel-Knabner, I. (2018). Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 181(1): 104–136.
- Yang, W., Wang, Z., Zhao, H., Li, D., Jia, H., & Xu, W. (2024). Biochar application influences the stability of soil aggregates and wheat yields. *Plant, Soil and Environment*. 70(3): 125.
- Zurhalena, Z., & Farni, Y. (2017). Efektivitas campuran kompos pupuk kandang sapi dan biochar terhadap perbaikan sifat fisika Ultisol dan hasil kacang tanah. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan-BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian.