

**Pengaruh Residu Biochar Sekam Padi dan Pupuk Kandang Sapi terhadap N Total dan Serapan N oleh Jagung (*Zea mays* L.)**

*Effect of Biochar Residue of Rice Husk and Cow Manure on Total N Content and N Uptake by Corn (*Zea mays* L.)*

**Slamet Supriyadi\*, Fahmi Arief Rahman, Erick Yuhardi, Rika Devi Rahmah**

**Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian,  
Universitas Trunojoyo Madura**

**\*Penulis Korespondensi: fahmi.rahman@trunojoyo.ac.id**

**ABSTRACT**

Biochar residues can improve soil chemical properties such as pH, total N, CEC, and the number of soybean seeds. The objective of this study was to investigate the effects of soil conditioner of residue of rice husk biochar and cow manure, which was applied one year before this research conducted, on total N content in the soil and N uptake by maize (*Zea mays* L.). The research was carried out at the Socah Horticultural Garden, Bangkalan Regency, East Java, which is located at 5-meter above sea level, from November 2020 to March 2021. The experiment was arranged on a completely randomized block design (CRBD), consisting of six treatments, namely P0 (control, without biochar or cow manure), P1 (10 ton biochar/ha), P2 (7.5 ton biochar/ha and 2.5 ton cow manure/ha), P3 (5 ton biochar/ha and 5 ton cow manure/ha), P4 (2.5 ton biochar/ha and 7.5 ton cow manure/ha), P5 (10 ton cow manure/ha). The results showed that Rice husk biochar residue and cow manure had a significant effect on total N in P4 (0,24%), organic carbon in P5 (0,53%), and CEC in P3 but that not significantly different with P2 and P4. While P4 has significantly affect to increase 0,66% N in plant tissues and N uptake by corn plants.

**Keywords: Biochar, Cattle Manure, Total N, N uptake, Corn**

**PENDAHULUAN**

Lahan di Madura didominasi oleh tanah dengan tingkat kesuburan rendah karena kandungan bahan organik dan nitrogen total sangat rendah (<0,1 %) hingga rendah (0,1 – 0,2 %) (Supriyadi, 2007). Oleh karena itu, dalam pengelolaan tanah di Madura perlu dilakukan penambahan bahan pembenah tanah

yang dapat meningkatkan kandungan C organik dan juga N dalam tanah. Bahan tersebut dapat berupa pupuk kandang dan/atau biochar.

Biochar adalah arang dari hasil pembakaran bahan yang kaya dengan senyawa karbon organik dalam kondisi oksigen terbatas (pirolisis) yang bisa dijadikan sebagai pembenah tanah (Joseph dan

Lehmann, 2009). Sifatnya yang rekalsitran terhadap dekomposisi dalam tanah, aplikasi biochar dapat memberikan efek yang bermanfaat selama beberapa musim tanam di lahan karena biochar bersifat stabil dan dapat disimpan lebih lama di tanah (Kusuma, 2020; Gani, 2009).

Biochar dapat memberikan efek positif pada tanah dan pemupukan. Hasil penelitian Rahman *et al.* (2022), pemberian biochar dan bentonite teraktivasi asam dapat meningkatkan pH, KTK, C organik, K-dd dan Na-dd tanah lempung berpasir Bangkalan. Biochar juga dapat meningkatkan jumlah daun, jumlah akar, bobot basah dan kering umbi bawang merah (Supriyadi *et al.*, 2022). Mawardiana *et al.* (2013) bahwa residu biochar dan pemupukan NPK terhadap tanaman padi, mampu meningkatkan sifat kimia tanah meliputi N total dan KTK. Rosidi *et al.* (2016) melaporkan bahwa residu biochar dan dosis N masing-masing berpengaruh nyata terhadap perubahan pH tanah, kadar N total dan jumlah biji tanaman kedelai. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Ompusungu dan Nuraini (2018)

menunjukkan bahwa residu biochar kotoran ayam yang diperkaya dengan amonium sulfat pada tanah dengan tekstur berbeda dapat meningkatkan N total dan pH tanah pada tanaman padi. Hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan tersebut, menunjukkan bahwa aplikasi biochar mampu memperbaiki kesuburan tanah pada musim tanam selanjutnya

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi terhadap beberapa sifat kimia tanah, parameter tumbuh, N dalam jaringan, dan serapan N oleh tanaman jagung lokal Madura.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di lahan Kebun Hortikultura Socah Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur, Kecamatan Socah, Kabupaten Bangkalan, Jawa Timur dengan tipe tanah Mediteran merah, terletak pada ketinggian  $\pm 5$  meter di atas permukaan laut (mdpl) dan Laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo Madura. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2020 hingga Maret 2021.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cangkul, timbangan analitik, oven, bor tanah, dan peralatan lain untuk keperluan analisis tanah dan tanaman. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih jagung lokal Madura Varietas Tambin serta bahan lain untuk keperluan analisis tanah dan tanaman.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial, dengan 6 taraf perlakuan dan diulang sebanyak 4 kali ulangan, yaitu:

P0 = 0 ton/ha (kontrol)

P1 = 10 ton/ha Biochar + 0 ton/ha pupuk kandang

P2 = 7,5 ton/ha Biochar + 2,5 ton/ha pupuk kandang

P3 = 5 ton/ha Biochar + 5 ton/ha pupuk kandang

P4 = 2,5 ton/ha Biochar + 7,5 ton/ha pupuk kandang

P5 = 0 ton/ha Biochar + 10 ton/ha pupuk kandang

Pengambilan sampel tanah pada saat selesai pemanenan. Sampel tanah yang diambil yaitu sampel tanah terganggu. Pada setiap petakan diambil sampel tanah terganggu menggunakan bor tanah pada

kedalaman 0-20 cm, yakni sesuai dengan kedalaman pengaplikasian biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi. Sampel tanah diambil pada setiap titik pengamatan (diantara barisan tanaman sebanyak 4 titik) kemudian dikompositkan untuk analisis di laboratorium.

Lahan penelitian yang telah dibuat bedengan sebelumnya kembali digemburkan untuk mengurangi pemadatan tanah. Bedengan berukuran 2 m x 1,4 m dan tinggi petakan 30 cm dengan jarak antar petak dalam satu kelompok 0,3 m dan jarak antar kelompok 0,5 m. Residu biochar sekam padi dan pupuk kandang berasal dari bahan organik yang sudah diaplikasikan sejak tahun 2019.

Benih diseleksi terlebih dahulu dengan memilih benih yang utuh dan berukuran besar. Penanaman benih jagung dilakukan dengan cara memasukkan benih jagung ke dalam lubang tanam (dibuat dengan menggunakan tugal, berkedalaman 3 cm), sebanyak 2 benih per lubang tanam. Jagung lokal Madura Tambin berumur pendek (80 hst) sehingga menggunakan jarak

tanam 20x40 cm. Untuk mencegah serangan hama maka lubang tanam terlebih dahulu ditaburi Furadan 3G (insektisida/nematisida sistemik) dengan dosis 20 kg/ha (setara 0,28 g/lubang).

Pemeliharaan tanaman jagung meliputi penyiraman, penyulaman, dan penjarangan. Pemupukan dilakukan pada 14 HST dengan 125 kg/ha Urea dan 150 kg/ha Phonska, serta pengendalian OPT (insektisida;viligon 10 WP sebanyak 2 g/L air). Pemanenan dilakukan pada fase vegetatif maksimum (35 hst). Pemanenan dilakukan secara desktruktif dan hati-hati agar akar tanaman terangkat secara keseluruhan. Kemudian dilakukan analisis tanaman.

Variabel yang diamati meliputi: tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, indeks luas daun (LAI), bobot kering tanaman, kandungan N total jaringan tanaman (metode pengabuan basah), Serapan N (Persen N jaringan tanaman/berat kering biomasa x 100), C-organik (metode *Walkley and Black*), N total tanah (metode *Kjeldahl*), pH tanah (metode potensiometri) dan KTK (metode  $N\ NH_4OAC$ , pH 7).

Data yang diperoleh selama penelitian dianalisis menggunakan Analisis Ragam pada taraf signifikan 5% dan apabila perlakuan berpengaruh nyata maka lanjut diuji menggunakan Beda Jarak Nyata Duncan (BNJD) dengan taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan P4 berpengaruh nyata meningkatkan 0,24% N total tanah dan P5 berpengaruh nyata meningkatkan 0,53% C organik tanah dibandingkan kontrol. Sedangkan perlakuan yang memberikan pengaruh nyata terhadap KTK adalah P3, namun perlakuan ini tidak berbeda nyata dengan P2 dan P4. Biochar sekam padi dan pupuk kandang berfungsi sebagai bahan pembenah tanah yang dapat memperbaiki beberapa sifat tanah, yaitu C organik, pH tanah, dan KTK sehingga nantinya akan berpengaruh terhadap ketersediaan N di dalam tanah. Biochar dan pupuk kandang mengandung C organik yang dapat diuraikan oleh mikroba tanah selama proses dekomposisi. Wijanarko *et al.*, (2012) menjelaskan

bahwa dalam proses dekomposisi, mikroorganisme memanfaatkan senyawa karbon dalam bahan organik untuk memperoleh energi dengan hasil sampingan berupa CO<sub>2</sub>. Selain itu, dalam proses dekomposisi, N organik juga akan diuraikan menjadi N anorganik, yaitu berupa nitrat maupun amonium, berarti ketersediaan N dalam tanah meningkat.

Biochar dapat menjerap N dari berbagai macam sumber nitrogen yang ada dalam tanah, sehingga unsur hara N dapat bertahan dalam tanah. Jerapan nitrogen oleh biochar bukan hanya dalam bentuk ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) tetapi juga terjadi pada nitrogen dalam bentuk nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) (Utomo dan Islami, 2016). N anorganik mudah berkurang melalui proses pencucian NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, denitrifikasi NO<sub>3</sub><sup>-</sup> menjadi N<sub>2</sub>, volatilisasi NH<sub>4</sub><sup>+</sup> menjadi NH<sub>3</sub>, terfiksasi oleh mineral liat atau dikonsumsi oleh mikroorganisme tanah (Nariratih *et al.*, 2013). Biochar selain menjerap N anorganik, juga mampu menyerap gas N baik berupa NH<sub>3</sub> maupun N<sub>2</sub>O (Agyarko-Mintah *et al.*, 2017), sehingga keberadaan biochar diduga

mengurangi hilangnya N lewat pencucian dan penguapan, sehingga meningkatkan kandungan N dalam tanah.

Biochar di dalam tanah akan mengalami perubahan akibat oksidasi-reduksi dan aktivitas dekomposisi oleh mikroba tanah. Akibatnya muatan di permukaan biochar menjadi lebih bermuatan negatif, sehingga KTK tanah yang semakin meningkat. Menurut Cheng *et al.*, (2006) meningkatnya KTK tanah setelah aplikasi biochar disebabkan oleh adanya pembentukan gugus karboksilat hasil oksidasi yang terjadi pada permukaan luar partikel biochar. N organik yang terkandung dalam pupuk kandang mengalami penguraian (mineralisasi) menjadi N anorganik berupa ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) dan nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) akan berikatan oleh muatan negatif, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) juga akan berikatan dengan muatan positif yang ada di biochar maupun di tanah sehingga dapat meminimalisir kehilangan N oleh pencucian dan penguapan, sehingga meningkatkan kandungan N dalam tanah.

Tabel 1. Pengaruh residu biochar sekam padi dan pupuk kandang terhadap N total, C organic dan KTK tanah pada akhir percobaan

Perlakuan	N Total (%)	C organic (%)	KTK
<b>P0</b>	0,44a	0,73a	10,39a
<b>P1</b>	0,58a	0,70a	14,97ab
<b>P2</b>	0,60ab	0,80a	22,24cd
<b>P3</b>	0,50a	0,75a	29,08d
<b>P4</b>	0,68b	0,95a	22,54cd
<b>P5</b>	0,45a	1,26b	21,03bc

### Peubah Tumbuh Tanaman Jagung

Residu biochar sekam padi dan pupuk kandang berpengaruh tidak nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan tanaman jagung lokal Madura (Tabel 2). Hasil penelitian menunjukkan residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi berpengaruh tidak nyata terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, indeks luas daun, dan bobot kering tanaman secara keseluruhan meliputi akar, batang dan daun serta bobot total. Hasil penelitian menunjukkan bahwa diduga N total dalam tanah berkonsentrasi rendah, sehingga kemungkinan konsentrasi tersebut belum mampu memberikan N yang optimum untuk kebutuhan tanaman, sehingga pertumbuhan tidak berbeda. Dekomposisi biochar membutuhkan waktu lama dalam tanah karena mengandung karbon yang bersifat rekasiltran, sehingga biochar dapat digunakan sebagai pembenah tanah,

sehingga belum mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Biochar mengikat unsur hara khususnya N dan tidak menyediakan unsur hara N secara langsung bagi tanaman. Biochar akan melepas unsur hara N di dalam tanah secara perlahan sehingga belum mampu direspon oleh tanaman (Ningsih, 2018).

Hasil analisis Indeks luas daun (LAI) berpengaruh tidak nyata diduga karena ketersediaan unsur hara N di dalam tanah mencukupi untuk pertumbuhan tanaman jagung lokal Madura walaupun tidak optimal. Menurut Gardner *et al.*, (1991) kisaran nilai indeks luas daun yang optimal bagi tanaman budidaya antara 3 hingga 5. LAI merupakan parameter yang menunjukkan potensi tanaman melakukan fotosintesis dan juga potensi produktif tanaman di lapangan. Pada penelitian ini, nilai indeks luas daun berkisar 4,60 hingga 5,72 yang tergolong optimal

(Gardner *et al.*, 1991). Faktor yang dapat mempengaruhi besarnya LAI antara lain jarak tanam dan penyediaan unsur N. Jarak tanam secara langsung dapat mempengaruhi kerapatan populasi suatu tanaman. Nitrogen merupakan salah satu unsur

hara makro esensial bagi tanaman yang diperlukan dalam pembentukan dan pertumbuhan vegetatif tanaman dan sebagai penyusunan protein dan klorofil (Goldsworthy dan Fischer, 1992).

Tabel 2. Pengaruh residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, dan indeks luas daun

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm) pada umur				
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
P0	14,33	29,75	45,83	84,17	136,42
P1	11,31	28,08	45,00	78,75	133,17
P2	13,42	30,63	43,75	84,00	137,58
P3	12,98	27,79	39,92	69,83	116,33
P4	13,23	29,63	46,33	83,00	135,08
P5	13,50	28,46	41,33	79,79	127,17
Perlakuan	Jumlah Daun (helai) pada umur				
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
P0	3,00	4,17	5,75	8,25	9,47
P1	3,00	4,33	6,25	7,67	9,45
P2	3,00	4,67	6,50	8,25	9,67
P3	3,00	4,17	5,33	7,08	9,42
P4	3,00	4,33	6,33	7,83	9,92
P5	3,00	4,67	6,00	8,33	9,25
Perlakuan	Diameter Batang (cm) Tanaman pada umur				
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST
P0	2,76	4,02	5,99	12,24	16,21
P1	2,39	3,77	6,28	16,08	18,27
P2	2,30	4,44	6,48	13,33	16,26
P3	2,71	4,29	6,09	13,03	16,28
P4	2,48	4,20	7,30	13,03	17,46
P5	2,73	4,14	6,23	11,37	17,04

### Nitrogen pada Tanaman Jagung

Berdasarkan hasil analisis ragam pada Table 3 menunjukkan bahwa residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi berpengaruh nyata pada parameter kandungan N jaringan tanaman jagung pada

perlakuan P4. Kandungan N tanaman pada penelitian ini berkisar 0,8% - 1,5%, yang tergolong rendah dibandingkan kandungan N menurut Mukherjee (1986), yaitu 2% - 4% berat kering. Rendahnya kandungan N tanaman kemungkinan disebabkan

oleh rendahnya N total dalam tanah. Kandungan nitrogen dalam tanah mempengaruhi N jaringan tanaman melalui serapan tanaman (Kamil dan Josi, 2019). Biochar dapat menjerap N dari berbagai macam sumber nitrogen yang ada dalam tanah, sehingga unsur hara N dapat bertahan dalam tanah. Jerapan nitrogen oleh biochar bukan hanya pada nitrogen dalam bentuk ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) tetapi juga terjadi pada nitrogen dalam bentuk nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) (Utomo dan Islami, 2016). Biochar selain menjerap N anorganik, juga mampu menyerap gas N baik berupa  $\text{NH}_3$  maupun  $\text{N}_2\text{O}$ , sehingga keberadaan biochar akan mengurangi hilangnya N lewat pencucian dan penguapan, sehingga meningkatkan kandungan N dalam tanah dan tanaman.

Residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi juga berpengaruh nyata terhadap serapan N pada perlakuan P4. Peningkatan serapan N tanaman diduga disebabkan tersedianya nitrogen dalam tanah meningkat, sebagai

akibat dari residu biochar yang memiliki kapasitas menahan air dan hara, sehingga unsur hara N tidak mudah tercuci dan menjadi lebih tersedia untuk tanaman. Menurut Nguyen *et al.*, (2017) aplikasi biochar dapat meningkatkan kelembaban dan pH tanah, sehingga merangsang proses mineralisasi N dan nitrifikasi yang menyebabkan serapan N oleh tanaman meningkat. Biochar meningkatkan N anorganik yang dibutuhkan untuk asimilasi tanaman dengan meningkatkan retensi N (Bachtiar *et al.*, 2020) dan mengurangi dampak dari pencucian N. Tanaman pada perlakuan P4 cenderung mempunyai nilai rerata bobot akar tertinggi, sehingga diduga tanaman punya kemampuan menyerap unsur hara yang lebih baik khususnya N. Menurut Sarief (1986) jika perakaran tanaman berkembang dengan baik maka pertumbuhan bagian tanaman lainnya juga akan baik karena akar mampu menyerap air dan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman.



Tabel 3. Pengaruh residu biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi terhadap bobot kering, kandungan N tanaman dan serapan N

Perlakuan	Bobot Kering (g)			N tanaman (%)	Serapan N (mg/tanaman)
	Batang dan Daun	Akar	Total		
P0	17,51	2,82	20,33	0,84 a	172,54 a
P1	17,90	3,17	21,07	1,01 a	206,19 a
P2	17,30	3,78	21,08	1,36 b	313,47 ab
P3	14,80	2,47	17,27	1,19 ab	203,99 a
P4	18,83	3,96	22,79	1,50 b	365,70 b
P5	17,31	3,37	20,68	0,93 a	187,06 a

### SIMPULAN

Residu biochar sekam padi dan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap N total pada perlakuan P4, C organik pada perlakuan P5, dan KTK pada perlakuan P3 namun tidak berbeda nyata dengan P2 dan P4. Sedangkan perlakuan yang berpengaruh nyata terhadap N pada jaringan tanaman dan serapan N oleh tanaman jagung adalah P4.

### DAFTAR PUSTAKA

Agyarko-Mintah E, Cowie A, Van Zwieten L, Singh BP, Smillie R, Harden S, Fornasier F. 2017. Biochar Lowers Ammonia Emission and Improves Nitrogen Retention in Poultry Litter Composting. *Waste management* 16:129-137

<https://doi:10.1016/j.wasman.2016.12.009>

Bachtiar, T., Robifahmi1, N., Flatian, A. N., Slamet1, S., & Citraresmini, A. 2020. Pengaruh dan Kontribusi Pupuk Kandang terhadap N total, Serapan N (15N), dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Varietas Mira-1. *Jurnal Sains Dan Teknologi Nuklir Indonesia*, 21(1): 35–48.

Cheng, CH, Lehmann, J, Thies, JE, Burton, SD, and Engelhard, MH. 2006. Oxidation of Black Carbon through Biotic and Abiotic Processes. *Organic Geochemistry* 37: 1477-1488.

Firmansyah, I, & Sumarni, N. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk N dan Varietas terhadap pH Tanah, N-Total Tanah, Serapan N, dan

- Hasil Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Tanah Entisols-Brebes Jawa Tengah. *J Hortikultura*, 23(4), 358–364.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati Biochar sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Iptek Tanaman Pangan*, 4(1), 33–48.
- Gardner PF, Pearee BR., Mitchell LR. 1991. *Fisiologi Tanaman Budidaya; penerjemah Herawati Susilowati*. UI Press. Jakarta.
- Fisher, NM, Tohari, Goldsworthy, Peter R, Soedharoedjian, Fisher, NM. 1992. *Fisiologi tanaman budidaya tropik / editor, Peter R. Goldsworthy dan N. M. Fisher; penerjemah, Tohari; penyunting, Soedharoedjian*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Handayanto, E, Muddarisna, N, & Fiqri, A. 2017. *Pengelolaan Kesuburan Tanah*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Joseph, S, & Lehmann, J. 2009. *Biochar for Environmental Management: An Introduction*. In *Earthscan in the UK and USA*.
- Kamil, M, & Josi, AA. 2019. Pengaruh Limbah Biogas dan Arang Sekam terhadap Ketersediaan dan Serapan Hara Nitrogen serta Kualitas Bibit Stek Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L.). *Jurnal Bioindustri*, 01(02): 110–124.
- Kusuma, ME. 2020. Aplikasi Residu Biochar Sekam Padi dan Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Rumput Meksiko (*Euchlaena mexicana*) pada Tahun Kedua. *Jurnal Ilmu Hewani Tropika*, 10(1): 17–22. <https://unkripjournal.com/index.php/JIHT/article/view/163>.
- 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.
- Mukherjee, SK. 1986. *Chemical Technology for Producing Fertilizer Nitrogen in the Year*

2000. Global Aspects of Food Production. 227-237.
- Nariratih, I, Damanik, M, & Sitanggang, G. 2013. Ketersediaan Nitrogen pada Tiga Jenis Tanah Akibat Pemberian Tiga Bahan Organik dan Serapannya pada Tanaman Jagung. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 1(3): 479–488.  
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.08.033>.
- Nguyen, TTN, Xu, CY, Tahmasbian, I, Che, R, Xu, Z, Zhou, X, Wallace, HM, & Bai, SH. 2017. Effects of Biochar on Soil Available Inorganic Nitrogen: A Review and Meta-Analysis. *Geoderma*, 288: 79–96.  
<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.11.004>.
- Ningsih, D. 2018. Aplikasi Biochar dan Pupuk Kandang terhadap Ketersediaan Hara, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescent* L.). *Folia Microbiologica* 33(6): 453-457.
- Ompusungu, M, & Nuraini, Y. 2018. Pengaruh Residu Biochar Kotoran Ayam Diperkaya Amonium Sulfat terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan N dan Produksi Tanaman Padi pada Tanah dengan Tekstur Berbeda. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan* 5(1): 765–773.
- Rahman, FA, Supriyadi, S, dan Mulyawan, R. 2022. Pengaruh Biochar dan Bentonit-Teraktivasi Asam pada Karakteristik Kimia Tanah Lempung Liat Berpasir Bangkalan. *Jurnal Agroteknologi* 14 (1): 80-92  
<http://dx.doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v14i1.14524>
- Rosidi, A, Mulyati, & Sukartono. 2016. Evaluasi Pengaruh Residu Biochar dan Dosis Nitrogen terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L. merill.) pada Tanah Bertekstur Lempung Berpasir (Sandy Loam). *Scientific Journal of Agronomy*, 9(1): 1–8  
<https://cropagro.unram.ac.id/index.php/caj/article/view/128>

- Sarief, ES. 1986. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.
- Supriyadi, S. 2007. Kesuburan Tanah di Lahan Kering Madura. *Jurnal Embryo* 4(2), 124–131.
- Supriyadi, S, Rahman, FA, dan Purwati BD. 2022. Respon Pertumbuhan dan Hasil Bawah Merah (*Allium Asconicum* L.) Varietas Rubaru Terhadap Biochar Sekam Padi dan Mikoriza di Vertisol. *Jurnal Pertanian Presisi* 6(2): 74-84.
- Utomo, WH, dan Islami, T. 2016. Biochar Untuk Pengelolaan Hara Nitrogen. Prosiding Seminar Nasional Asosiasi Biochar Indonesia. Pontianak 3 Mei 2016.
- Wijanarko, A, Heru Purwanto, B, Shiddieq, F, & Indradewa, D. 2012. Pengaruh Kualitas Bahan Organik dan Kesuburan Tanah terhadap Mineralisasi Nitrogen dan Serapan N oleh Tanaman Ubikayu di Ultisol. *J. Perkebunan & Lahan Tropika*, 2(2), 1–14.