

**LAPORAN AKHIR TAHUN
PROGRAM PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
SKEMA: NASIONAL**

**PENDAMPINGAN SISTEM KONSERVASI USAHA TANI JAGUNG
BERBASIS KARBON PADA KELOMPOK TANI
MAMMINASA DECENG**

Tahun ke 1 dari rencana
1 tahun



**Dr. Sukmawati,S.P.M.P.
Bahruddin,S.E,M.Si
Samsiar Zamzam,S.P.M.Si.
Harsani,S.P.M.P.**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYA PAREPARE
NOVEMBER 2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pendampingan sistem konservasi Usaha Tani Jagung Berbasis Karbon pada Kelompok Tani Mamminasa Deceng

Peneliti/Pelaksana
Nama Lengkap : Dr. Sukmawati,S.P.M.P.
NIDN : 0906087601
Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
Program Studi : Agroteknologi
Nomor HP : 08234477529
Alamat : Jl. Toddopuli 5 stpk 7 no. 45 Kota Makassar

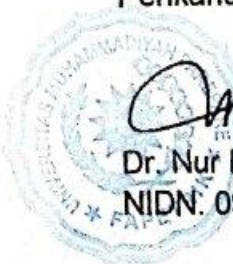
Anggota (1)
Nama Lengkap : Harsani,S.P.M.P.
NIDN : 0910028902
Perguruan tinggi : Politeknik Pertanian Negeri Pangkep

Anggota (2)
Nama Lengkap : Bahruddin,S.E.M.Si.
NIDN : 0901028602
Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Parepare

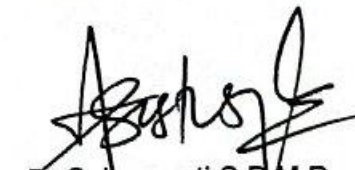
Anggota (3)
Nama Lengkap : Samsiar Zamzam
NIDN : 0931079402
Perguruan tinggi : Universitas Muhammadiyah Parepare

Anggota (4)
Mitra : Yayasan Agathis dammara Karbon
Penanggung jawab : Luki Anisa Nurul Fathia, SP., M.Sc
Alamat : Siwalankerto Selatan I/20C Surabaya
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 1 dari rencana 1 tahun
Biaya tahun berjalan : Rp. 58.000.000,-
Biaya Keseluruhan : Rp. 58.000.000,-

Dekan, Parepare, 15 November 2023
Fakultas Pertanian, Peternakan dan Ketua Tim
Perikanan




Dr. Nur Hapsa,S.P.M.Si.
NIDN: 0912106901


Dr. Sukmawati,S.P.M.P.
NIDN.0906087601

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul *“Pendampingan Sistem Konservasi Usaha Tani Jagung Berbasis Karbon pada Kelompok Tani Mamminasa Deceng di Kabupaten Soppeng”* dapat terlaksana dengan baik dan lancar sesuai dengan tujuan yang direncanakan.

Kegiatan ini merupakan bentuk kontribusi nyata dalam mendukung pertanian berkelanjutan, melalui penerapan sistem konservasi tanah dan pemanfaatan biochar berbasis limbah pertanian lokal. Pendampingan ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas petani dalam mengelola lahan secara bijak, efisien, serta ramah lingkungan, guna meningkatkan produktivitas dan menjaga keberlanjutan sumber daya alam.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan kegiatan ini, khususnya kepada Kelompok Tani Mamminasa Deceng, pemerintah daerah setempat, para mitra, dan tim pelaksana yang telah bekerja dengan dedikasi tinggi. Apresiasi juga kami berikan kepada para petani peserta kegiatan yang telah menunjukkan semangat belajar dan kolaborasi yang luar biasa.

Kami menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, segala bentuk saran dan masukan dari berbagai pihak sangat kami harapkan demi perbaikan kegiatan pengabdian di masa mendatang.

Semoga laporan ini dapat memberikan gambaran yang utuh atas pelaksanaan kegiatan serta menjadi referensi bermanfaat dalam pengembangan pertanian konservasi berbasis karbon di tingkat petani.

Parepare, November 2023

Tim Pelaksana

DAFTAR ISI

PRAKATA	3
DAFTAR ISI	4
DAFTAR GAMBAR	5
BAB I. PENDAHULUAN	6
1.1. Latar Belakang	6
1.2. Tujuan dan manfaat	7
BAB 2. TARGET DAN LUARAN	9
2.1. Target Kegiatan	9
2.2. Luaran yang diharapkan	9
BAB 3. METODE PELAKSANAAN	10
1. Lokasi Kegiatan	10
2. Bahan dan Metode	10
3. Peserta Kegiatan	10
4. Tahapan kegiatan	10
BAB 4 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI	11
1. Budidaya jagung sistem legowo 2.1	11
2. Pengelolaan tanah berbasis konservasi	11
3. Aplikasi biochar untuk meningkatkan retensi air	12
b. Luaran yang dicapai	13
BAB 5. KESIMPULAN	15
DAFTAR PUSTAKA	16

DAFTAR GAMBAR

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sektor pertanian, khususnya usaha tani jagung, memegang peranan penting dalam ketahanan pangan dan peningkatan pendapatan petani di pedesaan. Namun, tantangan utama yang dihadapi dalam pengelolaan lahan usaha tani saat ini adalah menurunnya kualitas tanah akibat eksploitasi lahan yang tidak terkontrol, penggunaan input kimia secara berlebihan, dan kurangnya penerapan prinsip-prinsip konservasi. Hal ini tidak hanya berdampak pada produktivitas yang stagnan atau menurun, tetapi juga pada degradasi ekosistem pertanian jangka panjang.

Produksi jagung nasional menghadapi berbagai tantangan yang kompleks. Rata-rata produksi jagung pada tahun 2019-2022 hanya mencapai produksi aktual 5,2 ton/ha (BPS Indonesia, 2022). Bahkan di lokasi intervensi, produksi jagung stagnan pada hasil produksi 3-4 ton/ha (Hasil survey sosek petani MF 2022). Hal ini disebabkan kebutuhan air pertanaman yang tidak terpenuhi. Hasil analisis menunjukkan kadar air sangat rendah (9%), dengan infiltrasi 0.41 cm/jam. Hampir semua lahan jagung berlereng memperparah kejadian erosi yang menipiskan lapisan olah dan memadatkan tanah pada lapisan bawah. Ada sekitar 103.71 ha lahan jagung yang dimiliki oleh 73 Kelompok Tani Mamminasa Deceng (Data RDKK 2023) terancam tidak produktif, terdeteksi pada kebutuhan urea yang tinggi (1250 kg/ha). Jika terjadi kelangkaan pupuk bersubsidi, maka petani menghadapi masalah besar, karena ketergantungan produksi pada pupuk kimia.

Target produktivitas lahan kering yang tinggi akan sulit dicapai tanpa teknologi pengelolaan air, sehingga diperlukan upaya perbaikan kondisi aktivitas ekosistem tanah agar mampu meretensi air dan memperbaiki status hara (Yan et al., 2015; Aller, et al. 2017; Günal et al., 2018; Wang, et al., 2019). Perbaikan lahan dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik. Tanah dengan bahan organik tinggi memiliki kapasitas untuk menyimpan air dalam jumlah besar (FAO, 2015). Peningkatan kandungan C-organik tanah sebesar 1%, akan meningkatkan 2% kandungan air tersedia di tanah (Cornelissen et al., 2013).

Penggunaan bahan organik dalam bentuk biochar merupakan salah satu strategi dalam manajemen lingkungan pertanian. Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa biochar meningkatkan kualitas tanah secara signifikan, seperti

kapasitas menahan air, stabilitas agregat tanah dan retensi hara (Karhu et al., 2011; Burrell et al., 2016; Ma, et al., 2016; Domingues et al., 2017; Rawat et al., 2019). Biochar mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Enders et al., 2012; Zong et al., 2014; Isidoria et al., 2017), karena biochar dapat meningkatkan retensi air, fiksasi nitrogen dan efisiensi penggunaan air (Herath, et al., 2013; Peake, et al., 2014; Lehman and Joseph 2015) serta meningkatkan kandungan C-organik dan fosfat (Zhang et al., 2015; Gao et al., 2016). Selain itu, biochar dapat mengurangi evaporasi di lahan kering (Wang et al., 2018), sehingga secara signifikan meningkatkan produksi jagung (Raj et al., 2018).

Walaupun demikian, lahan jagung pada wilayah berlereng membutuhkan teknologi konservasi untuk memotong panjang lereng, sehingga mengurangi kecepatan aliran air yang menyebabkan erosi. Oleh karena itu penggunaan rorak dimaksudkan untuk memotong panjang lereng dan lubang biopori untuk meningkatkan serapan air tanah

Kelompok Tani Mamminasa Deceng di Kabupaten Soppeng merupakan salah satu kelompok tani yang aktif dalam pengembangan komoditas jagung. Akan tetapi, praktik budidaya yang belum sepenuhnya berorientasi pada kelestarian sumber daya alam membuat mereka rentan terhadap penurunan produktivitas dan keberlanjutan usaha tani. Untuk menjawab tantangan tersebut, diperlukan intervensi melalui pendekatan konservasi berbasis karbon sebuah strategi yang mengintegrasikan praktik pertanian ramah lingkungan dengan peningkatan stok karbon tanah, baik melalui pemanfaatan bahan organik seperti biochar, sistem tanam konservasi, maupun diversifikasi tanaman.

Pendampingan sistem konservasi usaha tani jagung berbasis karbon ini dirancang untuk membangun kapasitas petani dalam menerapkan teknologi pertanian yang tidak hanya meningkatkan hasil panen, tetapi juga menjaga keberlanjutan fungsi ekologi tanah. Melalui pendekatan ini, petani diajak untuk memahami pentingnya praktik pertanian berkelanjutan yang mampu menyerap dan menyimpan karbon tanah, sekaligus membuka peluang integrasi usaha tani dengan skema pertanian rendah emisi (*low carbon agriculture*).

1.2. Tujuan dan manfaat

Tujuan Kegiatan ini adalah:

1. Meningkatkan pemahaman dan kesadaran petani terhadap pentingnya

penerapan sistem konservasi tanah dalam budidaya jagung yang berkelanjutan.

2. Membangun kapasitas kelompok tani dalam menerapkan praktik usaha tani berbasis karbon, seperti pemanfaatan biochar, olah tanah konservasi, dan penggunaan bahan organik lokal.
3. Mendorong adopsi teknologi pertanian rendah emisi untuk memperbaiki kualitas tanah, meningkatkan efisiensi pemupukan, serta memperkuat ketahanan produksi jagung pada lahan-lahan rentan degradasi.

Adapun Manfaat Kegiatan

1. **Bagi Petani:**
 - Meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam pengelolaan lahan jagung secara konservatif dan ramah lingkungan.
 - Meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani melalui praktik yang memperbaiki kesuburan tanah secara alami dan berkelanjutan.
 - Membuka peluang integrasi usaha tani dengan program pertanian rendah emisi dan potensi insentif karbon di masa depan.
2. **Bagi Kelompok Tani:**
 - Memperkuat kapasitas kelembagaan kelompok tani dalam merencanakan dan mengimplementasikan sistem pertanian berbasis konservasi.
 - Menjadi pelopor dalam penerapan model usaha tani berbasis karbon di wilayah Kabupaten Soppeng.
3. **Bagi Lingkungan:**
 - Meningkatkan kandungan karbon tanah dan kualitas ekosistem pertanian.
 - Mengurangi ketergantungan terhadap input kimia berlebihan dan risiko degradasi tanah.
4. **Bagi perguruan tinggi:**
 - Menjadi bentuk kontribusi nyata dalam penguatan inovasi teknologi pertanian berkelanjutan.
 - Mendukung tujuan pembangunan pertanian yang berorientasi pada konservasi sumber daya dan mitigasi perubahan iklim.

BAB 2. TARGET DAN LUARAN

2.1. Target Kegiatan

Adapun target dari kegiatan ini adalah:

1. Kelompok Tani Mamminasa Deceng sebagai sasaran utama pendampingan dalam menerapkan sistem konservasi lahan dan pertanian rendah emisi berbasis karbon.
2. Peningkatan kapasitas petani jagung dalam memahami, mempraktikkan, dan mengembangkan teknologi konservasi tanah yang ramah lingkungan.
3. Penerapan praktik pertanian konservasi berbasis karbon minimal pada satu lokasi demonstrasi plot (demo plot) sebagai percontohan.
4. Peningkatan kesadaran petani terhadap nilai ekologis dan ekonomis dari pengelolaan usaha tani berkelanjutan.

2.2. Luaran yang diharapkan

1. Terlaksananya kegiatan pendampingan dan pelatihan teknis kepada anggota kelompok tani tentang sistem konservasi usaha tani jagung berbasis karbon.
2. Tersusunnya satu unit demonstrasi plot (demo plot) sistem usaha tani jagung berbasis konservasi dan biochar, sebagai media pembelajaran langsung.
3. Meningkatnya pengetahuan dan keterampilan petani, dibuktikan melalui hasil evaluasi sebelum dan sesudah pelatihan (pre-test dan post-test).
4. Dokumentasi kegiatan dalam bentuk laporan akhir, dokumentasi visual (foto/video), dan testimoni dari petani peserta kegiatan.
5. Tersusunnya modul sederhana atau leaflet edukatif berisi panduan penerapan sistem konservasi dan teknologi biochar berbasis sumber daya lokal.

BAB 3. METODE PELAKSANAAN

1. Lokasi Kegiatan

Lokasi kegiatan dilaksanakan Di Desa Parenring Kecamatan Lilirilau Kabuapten Soppeng.

2. Bahan dan Metode

Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini antara lain: Biochar tingkol jagun, urin sapi, pupuk NPK, Urea dan benih jagung hibrida. Adapun peralatan yang digunakan adalah mesin kultivator mini dan bor tanah.

3. Peserta Kegiatan

Peserta kegiatan terdiri dari 15 orang petani dari Kelompok Tani Mamminasa Deceng; delapan orang dosen dari Universitas Muhammadiyah Pare-pare, satu orang dari Politeknik Pertanian Negeri Pangkep dan satu orang dosen dari Sekolah Tinggi Teknologi Lingkungan Makassar dan 5 mahasiswa agroteknologi Universitas Muhammadiyah Parepare.

4. Tahapan kegiatan

Kegiatan terdiri atas tiga pendampingan, yakni: 1) Pendampingan budidaya jagung sistem legowo 2.1 searah lereng; 2) Pendampingan sistem pengelolaan tanah berbasis konservasi menggunakan rorak dan biopori; 3) Teknik aplikasi biochar berpolimer alami pada budidaya jagung sesuai standar ofseet karbon

BAB 4 HASIL DAN LUARAN YANG DICAPAI

1. Budidaya jagung sistem legowo 2.1

Penerapan sistem tanam jarak legowo pada tanaman jagung lebih diarahkan pada peningkatan penerimaan intensitas cahaya matahari untuk optimalisasi fotosintesis dan asimilasi serta memudahkan pemeliharaan tanaman, terutama penyiangan gulma baik secara manual maupun dengan herbisida, pemupukan, serta pemberian air. Pembuatan demplot diawali dengan penambahan biochar dalam bentuk pupuk slowrelease berbasis NPK sebagai pupuk dasar. Pupuk slowrelease berbasis biochar adalah cara yang layak untuk mempromosikan pertanian berkelanjutan (C. Wang et al., 2022). Metode aplikasi ditanamkan kedalam lorak yang akan berfungsi sebagai alur tanaman jagung (Gambar 1)



Gambar 1. Penambahan biochar dalam lorak pada demplot budidaya jagung 2:1.



Gambar 2. Pertumbuhan tanaman jagung

2. Pengelolaan tanah berbasis konservasi

Karakteristik fisik lahan pangan yang bergelombang dengan kondisi topografi miring menjadi salah satu penyebab tingginya erosi di wilayah ini. Tanaman jagung

menjadi komoditi yang banyak diusahakan oleh petani dengan sistem monokultur dan intensif. Hal ini menyebabkan degradasi lahan semakin parah. Penggunaan rorak searah dengan lereng akan memotong panjang lereng sehingga mengurangi kecepatan aliran permukaan.



Gambar 3. Pembuatan rorak dan lubang biopori oleh kelompok tani Mamminasa Deceng

Pada kegiatan ini dibuat rorak dengan lebar 30 cm kedalaman 30 cm dengan panjang 30 meter. Rorak dibuat mengikuti kontur dengan jarak 5 meter. Lubang biopori dibuat dalam rorak dengan jarak 2 meter. Fungsi rorak adalah menahan kecepatan aliran permukaan dan lubang biopori meningkatkan resapan air hujan. Pengelolaan dan pengembangan usahatani lahan kering sangat bergantung pada waktu dan curah hujan. Olehnya itu dibutuhkan usaha untuk pemanenan air yang berkelanjutan. Rorak dapat menampung air aliran permukaan dan mengurangi kecepatan laju aliran permukaan. Cara ini di samping dapat memanen air hujan, juga dapat mengurangi erosi yang terjadi (Harfia & Prijono, 2022).

3. Aplikasi biochar untuk meningkatkan retensi air

Pada kegiatan ini diaplikasi biochar sebanyak 17 ton dengan estimasi C-organik sebanyak 60% sehingga diperkirakan ada sekitar 10 ton karbon CO₂ equivalen tersimpan di dalam tanah. Tanah dengan bahan organik yang tinggi mampu menyimpan air dalam jumlah yang banyak. Perbaikan lahan dapat dilakukan melalui penambahan bahan organik. Tanah dengan bahan organik tinggi memiliki kapasitas untuk menyimpan air dalam jumlah besar (FAO, 2015). Peningkatan kandungan C-organik tanah sebesar 1%, akan meningkatkan 2% kandungan air tersedia di tanah (Cornelissen et al., 2013). Biochar dari tongkol jagung mengandung

karbon yang sangat tinggi berkisar antara 60-78% (Sukmawati, 2020). Sifat unik dari biochar menyediakan platform untuk memuat nutrisi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan. Pupuk slowrelease berbasis biochar adalah cara yang layak untuk mempromosikan pertanian berkelanjutan (C. Wang et al., 2022). Selain itu, manfaat lain dalam kegiatan ini adalah biochar yang diaplikasi di lahan ini akan mendapatkan sertifikat yang dapat diperrjual belikan dalam skema offsetting karbon. Dengan demikian petani dapat memperoleh pendapatan tambahan dari harga karbon biochar.



Gambar 4. Kegiatan aplikasi biochar dalam lubang rorak dan biopori.

b. Luaran yang dicapai

Luaran yang dicapai dalam kegiatan ini adalah:

1. Terlaksananya kegiatan pendampingan dan pelatihan teknis tentang sistem konservasi tanah dan pemanfaatan biochar berbasis bahan lokal (tongkol jagung) dalam usaha tani jagung oleh anggota Kelompok Tani Mamminasa Deceng.

2. Terbentuknya satu unit lahan demonstrasi (demo plot) penerapan sistem usaha tani jagung berbasis konservasi dan biochar, yang dijadikan sebagai sarana edukasi langsung bagi petani.
3. Meningkatnya pemahaman dan keterampilan petani.
4. **Tersusunnya** SOP Sistem produksi Jagung Berbasis Karbon berkelanjutan
5. Haki sertifikat_EC002023130839 - Sukmawati dkk_SOP jagung berbasis karbon.

BAB 5. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang berfokus pada *Pendampingan Sistem Konservasi Usaha Tani Jagung Berbasis Karbon* telah terlaksana dengan baik dan mencapai sasaran yang direncanakan. Melalui pendekatan partisipatif, kegiatan ini berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam menerapkan praktik konservasi tanah serta memanfaatkan biochar dari tongkol jagung sebagai pupuk organik berbasis karbon.

Demonstrasi langsung di lapangan melalui pembuatan *demo plot* menunjukkan bahwa teknologi konservasi sederhana namun tepat guna dapat diterapkan oleh petani secara mandiri. Selain itu, antusiasme petani serta komitmen kelompok tani untuk melanjutkan dan mengembangkan praktik ini menjadi indikasi positif terhadap keberlanjutan dampak program.

Dengan demikian, kegiatan ini tidak hanya memberikan manfaat teknis bagi peningkatan produktivitas lahan dan efisiensi usaha tani jagung, tetapi juga membuka peluang integrasi sistem pertanian yang adaptif terhadap perubahan iklim dan berbasis pada pemanfaatan sumber daya lokal secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aller, D., Rathke, S., Laird, D., Cruse, R., & Hatfield, J. (2017). Impacts of fresh and aged biochars on plant available water and water use efficiency. *Geoderma*, 307(August), 114–121. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.007>
- Burrell, L. D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B., & Soja, G. (2016). Long-term effects of biochar on soil physical properties. *Geoderma*, 282, 96–102. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.019>
- Cornelissen, G., Martinsen, V., Shitumbanuma, V., Alling, V., Breedveld, G. D., Rutherford, D. W., Sparrevik, M., Hale, S. E., Obia, A., Mulder, J., Box, P. O., & Division, W. R. (2013). *Biochar Effect on Maize Yield and Soil Characteristics in Five Conservation Farming Sites in Zambia*. 256–274. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020256>
- Domingues, R. R., Trugilho, P. F., Silva, C. A., A, I. C. N., Melo, C. A., Magriotis, Z. M., Sa, M. A., & Melo, D. (2017). *Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits*. 1–19.
- Enders, A., Hanley, K., Whitman, T., Joseph, S., & Lehmann, J. (2012). Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, 114, 644–653. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.03.022>
- FAO. (2015). *Soils store and filter water*. 14–17. <http://www.fao.org/3/a-i4890e.pdf>
- Gao, S., Hoffman-Krull, K., Bidwell, A. L., & DeLuca, T. H. (2016). Locally produced wood biochar increases nutrient retention and availability in agricultural soils of the San Juan Islands, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 43–54. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.08.028>
- Günel, E., Erdem, H., & Çelik, İ. (2018). Effects of three different biochars amendment on water retention of silty loam and loamy soils. *Agricultural Water Management*, 208(May), 232–244. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.06.004>
- Hammes, K., & Schmidt, M. W. I. (2009). Changes of Biochar in Soil. In: Lehmann J, Joseph S (eds) *Biochar for environmental management science and technology*

- (Page: 33-43). In J. and J. S. Lehmann (Ed.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology and Implementation* (second, pp. 169–178). Earthscan in the UK and USA. <https://doi.org/doi.org/10.4324/9781849770552>.
- Harfia, D. A., & Prijono, S. (2022). Evaluation of Infiltration Improvement and Surface Reduction Using Various Soil Conservation Techniques in Coffee Agroforestry Systems in Sumbermanjing Wetan. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 9(1), 13–19. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.2>
- Isidoria, M., Gonzaga, S., Mackowiak, C., Quintao, A., Almeida, D., Ilmar, J., Carvalho, T. De, & Rocha, K. (2017). Catena Positive and negative effects of biochar from coconut husks , orange bagasse and pine wood chips on maize (*Zea mays* L .) growth and nutrition. *Catena*, October 2016, 0–1. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.10.018>
- Karhu, K., Mattila, T., Bergström, I., & Regina, K. (2011). Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity - Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(1–2), 309–313. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.005>
- Ma, N., Zhang, L., Zhang, Y., Yang, L., & Yu, C. (2016). *Biochar Improves Soil Aggregate Stability and Water Availability in a Mollisol after Three Years of Field Application*. 1–10. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154091>
- Raj, N., Mulder, J., Elizabeth, S., Martinsen, V., Peter, H., & Cornelissen, G. (2018). Science of the Total Environment Biochar improves maize growth by alleviation of nutrient stress in a moderately acidic low-input Nepalese soil. *Science of the Total Environment*, 625, 1380–1389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.022>
- Rawat, J., Saxena, J., & Sanwal, P. (2019). *Biochar: A Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties*. <https://doi.org/DOI:10.5772/intechopen.82151>
- Sukmawati. (2020). *Perbaikan Retensi Air Fosfor dan Nitrogen dari Biochar yang ditambahkan Bakteri Penghasil Alginat Untuk Peningkatan Produktivitas Lahan Kering (Disertasi)* [Pasca Sarjana Unhas]. <http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/3048/>

- Wang, C., Alidoust, D., Yang, X., & Isoda, A. (2018). Effects of bamboo biochar on soybean root nodulation in multi-elements contaminated soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 150(December 2017), 62–69. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.12.036>
- Wang, C., Luo, D., Zhang, X., Huang, R., Cao, Y., Liu, G., Zhang, Y., & Wang, H. (2022). Biochar-based slow-release of fertilizers for sustainable agriculture: A mini review. *Environmental Science and Ecotechnology*, 10, 100167. <https://doi.org/10.1016/j.esse.2022.100167>
- Wang, D., Li, C., Parikh, S. J., & Scow, K. M. (2019). Impact of biochar on water retention of two agricultural soils – A multi-scale analysis. *Geoderma*, 340(January), 185–191. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.01.012>
- Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C., & Qin, W. (2015). Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>
- Zong, Y., Chen, D., & Lu, S. (2014). *Zong, Y., Chen, D., & Lu, S. (2014). Impact of biochars on swell – shrinkage behavior , mechanical strength , and surface cracking of clayey soil, (1), 920–926.*