

PEMBERDAYAAN MASYARAKAT: PEMANFAATAN LIMBAH JAGUNG MENJADI BIOCHAR UNTUK REGENERASI TANAH BERBASIS ORGANIK DI GORONTALO

Supriyo Imran¹, Ria Indriani¹, Zulham Sirajuddin¹, Mayasari Yamin^{2*}

¹Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

Email: mayasariyamin@ung.ac.id

²Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

Artikel info

Abstract. *Biochar application has been evaluated for various types of soil including sand, sandy loam, and clay loam such as soil conditions in Gorontalo Province. This community service aims to provide information related to the benefits of corn cob waste and increase the knowledge and insight of the Ulapato B Village community regarding the manufacture of biochar as a soil conditioner. This community service consists of several activities, namely counseling, direct practice related to the manufacture of biochar, assistance to the community, and monitoring and evaluation. Based on the results of the counseling that has been carried out, it has been able to increase the knowledge and insight of the Ulapato B community regarding the manufacture of biochar using corn cob waste as a raw material. In addition, this activity also increases the community's understanding of the benefits of corn cob waste which they initially only considered as goods that had no ecological information value. Judging from the evaluation stage that was carried out, the responses of the community service participants were positive for each material presented. The material for the stages of making biochar from corn cobs produced the highest percentage, reaching 87.5% and the lowest for the material on Data interpretation related to land area, corn production and the amount of cob waste per year of corn production specifically for data in Gorontalo Province and Indonesia in general, with a percentage of only 15%. This means that community service participants are more interested in direct demonstrations compared to data-based materials.*

Abstrak. *Aplikasi biochar telah dievaluasi untuk berbagai jenis tanah termasuk pasir, lempung berpasir, dan lempung liat seperti kondisi tanah di Provinsi Gorontalo. Pengabdian ini bertujuan untuk memberikan informasi terkait manfaat dari limbah tongkol jagung dan menambah pengetahuan dan wawasan masyarakat Desa ulapato B terkait pembuatan biochar sebagai pembenah tanah. Pengabdian ini terdiri atas beberapa kegiatan yaitu penyuluhan, praktik langsung terkait pembuatan biochar, pendampingan kepada masyarakat, dan monitoring serta evaluasi. Berdasarkan hasil penyuluhan yang telah dilaksanakan mampu menambah pengetahuan dan wawasan masyarakat Ulapato B terkait pembuatan biochar berbagai bahan limbah tongkol jagung. Selain itu, kegiatan ini pula menambah*

informasi masyarakat terkait manfaat limbah tongkol jagung yang awalnya mereka hanya menganggap sebagai barang yang tidak bernilai ekologis. Ditinjau dari segi evaluasi yang terlaksana tanggapan peserta pengabdian mengarah positif untuk masing-masing materi yang tersampaikan. Materi untuk tahapan pembuatan biochar dari tongkol jagung menghasilkan persentase tertinggi yaitu mencapai 87.5% dan terendah untuk materi Interpretasi data terkait luas lahan, produksi jagung dan jumlah limbah tongkol per tahun produksi jagung khusus untuk data pada Propinsi Gorontalo dan Indonesia umumnya, dengan persentase hanya 15%. Hal ini berarti bahwa peserta pengabdian lebih tertarik dengan demonstrasi langsung dibandingkan dengan materi berbasis data.

Keywords:

lempung_berpasir;
tongkol_jagung;
pyrolysis_process;
pembenah_tanah;
demonstrasi.

Corresponden author:

Email: mayasariyamin@ung.ac.id



artikel dengan akses terbuka di bawah lisensi CC BY -4.0

PENDAHULUAN

Wilayah budidaya jagung di Propinsi Gorontalo didominasi pada lahan miring. Masyarakat Gorontalo Berdasarkan data BPS (2023), luas lahan jagung di Indonesia berfluktuasi untuk lima tahun terakhir, yaitu dari tahun 2020 sampai tahun 2023 masing-masing seluas 2.38 juta ha, 2.33 juta ha 2.76 juta ha, dan 2,48. Sama halnya dengan Propinsi Gorontalo dimana luas lahan jagung berfluktuasi yaitu 126 ribu ha, 139 ribu ha, 141 ribu ha, dan 114 ribu ha. Terjadinya peningkatan luas lahan jagung pada tahun tertentu berdampak terhadap peningkatan produksi jagung baik di Indonesia maupun Propinsi Gorontalo. Perkiraan produksi jagung pipilan sebanyak 13 juta ton/tahunnya mampu menghasilkan limbah tongkol jagung sebanyak 10.6 juta ton/tahun. Angka tersebut merupakan angka yang cukup besar mengingat tongkol jagung memiliki bobot 40% - 50% dari bobot jagung bertongkol.

Limbah jagung yang berasal dari tongkol belum banyak dimanfaatkan untuk meregenerasi sifat-sifat tanah khususnya di Propinsi Gorontalo, padahal bagian tanaman yang lain misalnya batang jagung sudah dominan digunakan sebagai mulsa. Salah satu upaya pemanfaatan tongkol jagung sebagai pembenah tanah yaitu biochar. Sukmawati et al., (2024) biochar merupakan bahan pembenah tanah yang bermanfaat untuk menjaga keseimbangan dan kesuburan tanah salah satunya sifat fisik tanah (Shackley et al., 2016). Biochar, zat padat, dibuat melalui proses yang disebut pirolisis. Dalam pirolisis, biomassa dari berbagai asal biologis yang berbeda didekomposisi secara termal. Ekosistem pertanian yang menggabungkan biochar telah mendapatkan minat yang signifikan selama beberapa dekade terakhir karena efeknya yang berpotensi positif terhadap produktivitas tanaman (Manisankar & Vaishnavi, 2022). Selain itu, biochar berpotensi untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca (GRK), menyimpan karbon di tanah, memulihkan tanah yang terdegradasi, dan mengurangi penggunaan pupuk kimia dalam pertanian sangat besar, meningkatkan kontaminan dan sifat fisik tanah, merangsang pertumbuhan tanaman (Zonayet et al., 2023).

Mensah & Frimpong (2018), aplikasi biochar meningkatkan kualitas tanah dengan menurunkan pH, meningkatkan kapasitas menahan air, mendorong pertumbuhan jamur dan mikroorganisme yang lebih bermanfaat, meningkatkan kapasitas tukar kation, dan menjaga kadar nutrisi. Karena kapasitas adsorpsi yang tinggi, amandemen biochar secara efektif meningkatkan ketersediaan nutrisi tanah. Perlakuan partikel tanah dengan biochar memungkinkan untuk

meningkatkan gaya kapiler tanah dan kapasitasnya untuk menahan air Zhang et al., (2024) menggunakan biochar untuk mengurangi salinitas tanah dan hilangnya nutrisi (Xiao & Meng, 2020).

Beberapa sifat kimia tanah, seperti pH, fosfor yang tersedia, karbon organik tanah, dan kalium secara signifikan ($p < 0,05$) ditingkatkan oleh biochar yang diaplikasikan bersamaan dengan kompos dan pupuk NPK (Apori et al., 2021). Aplikasi biochar tidak hanya meningkatkan konsentrasi dan penyerapan nutrisi tanaman tetapi juga secara signifikan meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman tomat (yaitu, tinggi tanaman, berat tanaman segar, dan biomassa kering) (Choudhary et al., 2021). Sukmawati et al., (2024); Dely et al., (2024); Astiani et al., (2024) penerapan biochar dari limbah tongkol jagung yang diaplikasi dalam bentuk pupuk slowrelease, meningkatkan wawasan petani dalam mengelola limbah tongkol jagung sesuai prosedur karbon kredit. Hal ini sangat membantu petani dalam meningkatkan bahan organik tanah melalui penggunaan bahan pembenah tanah dan pemupukan secara efisien dan berimbang.

Berdasarkan uraian di atas, perlu dilakukan penyuluhan dan praktik langsung terkait pemanfaatan dan pembuatan biochar tongkol jagung di Desa Ulapato B yang bertujuan untuk memberikan informasi terkait manfaat dari limbah tongkol jagung dan menambah pengetahuan dan wawasan masyarakat Desa ulapato B terkait pembuatan biochar sebagai pembenah tanah.

Metode

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di Kantor Desa Ulapato B, Kecamatan Telaga Biru, Kabupaten Gorontalo pada Bulan November 2024. Pengabdian ini terdiri atas beberapa kegiatan yaitu penyuluhan, praktik langsung terkait pembuatan biochar, pendampingan kepada masyarakat, dan monitoring serta evaluasi. **Penyuluhan:** materi penyuluhan meliputi penjelasan terkait (1) data luas lahan jagung, produksi jagung, dan jumlah limbah tongkol jagung yang dihasilkan per tahun panen; (2) manfaat biochar berkaitan dengan sifat fisik, kimia, dan penyerapan tanah; dan (3) tahapan pembuatan biochar. Peserta dalam kegiatan ini merupakan kelompok tani, anggota ibu-ibu PKK, perangkat desa, dan mahasiswa KKN dengan total peserta yaitu 40 orang.

Kegiatan monitoring dan evaluasi dilakukan di akhir kegiatan pengabdian melalui tahap wawancara dan diskusi bersama peserta terhadap kegiatan pemanfaatan limbah tongkol jagung. **Praktik langsung dan pendampingan kepada masyarakat:** pengumpulan limbah tongkol jagung diperoleh dari hasil pemanenan petani yang kemudian dijemur menggunakan terpal di bawah sinar matahari hingga kering untuk mencegah pembakaran tanpa asap. Selanjutnya, tongkol yang telah kering dimasukkan ke alat pembakaran agar menjadi biochar. Waktu yang dibutuhkan saat pembakaran biochar tergantung dari tingkat kekeringan bahan baku tongkol yang digunakan. Setelah mendemonstrasikan pembuatan biochar, selanjutnya dilaksanakan pendampingan ke peserta yang telah dibagi menjadi lima kelompok. **Monitoring dan evaluasi:** dilaksanakan monitoring ke peserta melalui indikator pemahaman dalam pelaksanaan tahapan pembuatan biochar. Sedangkan, evaluasi dilakukan melalui wawancara dan diskusi dengan peserta.

Hasil Dan Pembahasan

Tahap Penyuluhan

Tahap penyuluhan ini merupakan upaya yang dilakukan guna mendorong terjadinya perubahan perilaku pada individu, kelompok, komunitas, ataupun masyarakat agar menambah pengetahuan dan pengalaman serta mampu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. (Irdiana et al., 2023) penyuluhan pertanian termasuk sistem penyampaian informasi dan inovasi yang bertujuan

untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan serta mengubah sikap maupun perilaku masyarakat. Bahan penyuluhan yang diberikan yaitu terkait pemberian materi pemanfaatan dan pembuatan biochar dari limbah tongkol jagung di desa Ulapato B. saat ini tongkol jagung merupakan limbah pertanian yang berasal dari komoditi pangan utama di Indonesia selain padi.



Gambar 1 Penyuluhan terkait pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi biochar pembenah tanah

Limbah ini mampu dihasilkan sebanyak 10.6 juta ton/tahunnya dari 13 juta ton/tahun jagung pipilan. Namun, limbah ini belum mampu diurai dengan cepat oleh mikroorganisme tanah. Sehingga limbah ini akan terus meningkat dengan diproduksi tanaman jagung di Indonesia. Oleh sebab itu, melalui penyuluhan ini disampaikan materi manfaat dalam bentuk produk olahan yaitu biochar. Biochar merupakan bahan organik berpori, kaya karbon, dan memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur hara guna meningkatkan kesuburan tanah, penyerapan air, dan produktivitas tanaman. (Bawamenewi et al., 2025) dapat memperbaiki retensi udara dan nutrisi, meningkatkan aktivitas biologis tanah, serta mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Selain itu, biochar berkontribusi dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Biochar juga berperan dalam meningkatkan kadar organik tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan produktivitas tanaman, dan mengurangi emisi GRK (Gas Rumah Kaca) akibat meningkatnya suhu bumi (Amalina et al., 2024). Pembuatan biochar dari limbah tongkol jagung diawali dengan persiapan bahan baku dalam hal ini yaitu limbah tongkol jagung. Limbah tongkol jagung dipisahkan dari kelobot dan daun seperti yang tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2 Pemisahan limbah tongkol jagung

Gambar 2 beberapa mahasiswa KKN dan Ibu PKK yang terlibat membantu untuk menyeleksi limbah jagung lainnya krena bahan baku yang diperoleh dari kelompok tani sifatnya tercampur dengan limbah jagung lainnya. Setelah dilakukan seleksi, dilakukan pengeringan tongkol jagung menggunakan panas matahari seperti yang tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3 penjemuran limbah tongkol jagung yang telah bersih sebagai bahan baku biochar

Penjemuran tongkol jagung bertujuan agar saat pembakaran tongkol jagung tidak menghasilkan asap (*pyrolysis process*). Zuo et al., (2024) saat ini, metode umum untuk persiapan biochar tongkol jagung meliputi pyrolysis, karbonisasi hidrotermal, dan karbonisasi gelombang mikro. Pyrolysis merupakan tahapan yang paling menonjol karena kesederhanaannya, efisiensinya dan keramahan lingkungannya sehingga memudahkan petani untuk menerapkan pembakaran tongkol jagung tersebut. (Aloud et al., 2023) karbonisasi hidrotermal, yang dicirikan oleh kemudahan pengoperasian dan kemampuannya untuk menghasilkan film biochar dengan struktur pori yang melimpah dan luas permukaan spesifik yang tinggi, semakin menonjol karena manfaat lingkungannya. Hasil dari biochar tongkol jagung, kemudian diperkenalkan ke Ibu PKK sebagai peserta penyuluhan ini dengan tujuan agar menambah wawasan Ibu PKK bahwa tidak semua limbah membawa kerugian untuk lingkungan jika dikelola dengan baik (Gambar 4). Gambar 4 menyajikan demonstrasi pembuatan biochar dan manfaatnya yang disaksikan pula dari RRI Gorontalo.



Gambar 4 Demonstrasi dan pendampingan pembuatan biochar ke Ibu PKK

Tahap demonstrasi dan pendampingan pembuatan biochar ini diharapkan agar Ibu PKK mampu untuk mengelola limbah tongkol jagung secara pribadi dan biochar ini dapat langsung aplikasikan ke lahan masing-masing untuk menekan penggunaan pupuk kimia yang terus menerus. Haddad & Lemanowicz (2021) penambahan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanaman dengan menahan lebih banyak air dari curah hujan di wilayah kering dan mengurangi frekuensi atau laju air irigasi di wilayah irigasi. Oleh karena itu, strategi penambahan biochar dapat menjadi metode yang berhasil untuk mengurangi konsumsi air sekaligus mempertahankan produktivitas tanaman pada kondisi kemarau. Selain itu, karena biochar dikenal dengan kaya C-organik dan berpori (Gambar 5) sehingga sesuai untuk diterapkan di Desa Ulapto B umumnya dan Propinsi Gorontalo khususnya dengan tekstur tanah berpasir.



Gambar 5 Limbah tongkol jagung yang telah dibakar menjadi biochar pembenah tanah

Keragaan tongkol jagung yang telah diolah menjadi biochar yang juga bermanfaat sebagai pembenah tanah. Tongkol jagung diolah menjadi biochar tanpa mengubahnya menjadi abu. Penampilan biochar ini masih berbentuk seperti tongkol jagung namun ukurannya yang menyusut. Berdasarkan pengabdian dengan skema penyuluhan ini, diharapkan agar masyarakat Desa Ulapato B mampu mengolah dan mengaplikasikannya langsung ke lahan pertanian khususnya lahan pertanaman jagung. Untuk mengetahui tingkat pemahaman masyarakat terhadap kegiatan pengabdian ini, dilakukan evaluasi pelaksanaan yang tersaji pada Tabel 1. Tabel 1 menyajikan beberapa indikator kinerja dari beberapa materi yang disampaikan. Sedangkan, hasil evaluasinya disajikan dalam bentuk kuantitatif berdasarkan tanggapan peserta.

Tabel 1. Evaluasi Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat Melalui Pemberdayaan Masyarakat di Kabupaten Gorontalo Melalui Pemanfaatana Limbah Tongkol Jagung

No.	Materi	Indikator Kinerja	Metode	Tanggapan Peserta
1.	Interpretasi data terkait luas lahan, produksi jagung dan jumlah imbah tongkol per tahun produksi jagung khusus untuk data pada Propinsi Gorontalo dan Indonesia umumnya	Pengetahuan dan wawasan terkait jumlah limbah dari tanaman jagung khususnya tongkol jagung	Penyuluhan, wawancara, dan diskusi	Mengikuti sampai selesai 40 orang (100%) Antusias 40 orang (100%) Aktif bertanya 6 orang (15%)
2.	Defenisi dan manfaat biochar untuk lingkungan khususnya sifat fisik, kimia, dan penyerapan tanah	Pengetahuan dan wawasan terkait manfaat dari limbah tongkol jagung yang umumnya hanya dibuang dan tidak dimanfaatkan oleh masyarakat	Penyuluhan, wawancara, dan diskusi	Mengikuti sampai selesai 40 orang (100%) Antusias 40 orang (100%) Aktif bertanya 10 orang (25%)
3.	Contoh penerapan biochar dan wilayah yang telah menerapkan biochar di lokasi petani	Pengetahuan dan wawasan metode dan sistem penerapan di lokasi petani khususnya lahan miring	Penyuluhan, wawancara, dan diskusi	Mengikuti sampai selesai 40 orang (100%) Antusias 40 orang (100%) Aktif bertanya 20 orang (50%)
4.	Tahapan pembuatan biochar dari tongkol jagung	Pengetahuan dan wawasan terkait tahapan pembauatan biochar tongkol jagung serta menambah pengalaman petani mengolah limbah tongkol h jagung manjadi produk yang lebih	Penyuluhm praktik langsung, tanya jawab, dan diskusi	Mengikuti sampai selesai 40 orang (100%) Antusias 40 orang (100%) Aktif bertanya 35 orang (87.5%)

No.	Materi	Indikator Kinerja	Metode	Tanggapan Peserta
		bermanfaat untuk lahan petani		

Sumber: data primer hasil wawancara

Berdasarkan Tabel 1 terdapat empat bentuk materi yang diberikan ke peserta dan materi keempat yang menunjukkan antusias peserta tertinggi dilihat dari keaktifan bertanya yang melibatkan 35 orang (87.5%). Hal ini menunjukkan bahwa peserta sangat antusias terhadap pembuatan biochar dari limbah tongkol jagung. Limbah tongkol jagung mudah diperoleh dan jika ditinjau dari proses pembuatannya masih tergolong mudah dan menggunakan alat-alat yang relatif sederhana sehingga memudahkan masyarakat Upalato B untuk mengembangkannya secara mandiri.

Simpulan Dan Saran

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan kegiatan oengabdian berbasis penyuluhan ini mampu menambah pengetahuan dan wawasan masyarakat Ulapato B terkait pembuatan biochar berbagai baku limbah tongkol jagung. Selain itu, kegiatan ini pula menambah informasi masyarakat terkait manfaat limbah tongkol jagung yang awalnya mereka hanya menganggap sebagai barang yang tidak bernilai ekologis. Ditinjau dari segi evaluasi yang terlaksana tanggapan peserta pengabdian mengarah positif untuk masing-masing materi yang tersampaikan. Materi untuk tahapan pembuatan biochar dari tongkol jagung menghasilkan persentasi tertinggi yaitu mencapai 87.5% dan terendah untuk materi Interpretasi data terkait luas lahan, produksi jagung dan jumlah imbah tongkol per tahun produksi jagung khusus untuk data pada Propinsi Gorontalo dan Indonesia umumnya, dengan persentase hanya 15%. Hal ini berarti bahwa peserta pengabdian lebih tertarik dengan demosntrasi langsung dibandingkan dengan materi berbasis data.

Daftar Rujukan

- Aloud, S. S., Alharbi, H. A., Hameed, B. H., Giesy, J. P., Almady, S. S., & Alotaibi, K. D. (2023). Production of activated carbon from date palm stones by hydrothermal carbonization and microwave assisted KOH/NaOH mixture activation for dye adsorption. *Scientific Reports*, *13*(1), 19064. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45864-z>
- Amalina, A. D., Yuliyanti, P. D., Putra, E. R., Ni'mah, R. I., & Azizah, L. (2024). Peran Biochar dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah dan Retensi Air. *Jurnal Pertanian, Peternakan, Perikanan*, *2*(2), 1–14. <https://doi.org/10.3766/hibrida.v1i2.3753>
- Apori, S. O., Byalebeka, J., & Muli, G. K. (2021). Residual effects of corncob biochar on tropical degraded soil in central Uganda. *Environmental Systems Research*, *10*(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40068-021-00235-3>
- Astiani, M., Sukmawati, S., Rahim, I., Yamin, M., & Suherman, S. (2024). Karakteristik dan Analisis Korelasi Karakter Fisiologis Tanaman Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) pada Tanah Bertekstur Liat Diperkaya Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *12*(2), 154–163. <https://doi.org/10.30605/perbal.v12i2.3455>

- Bawamenewi, T. A., Gea, F. H., & Waruwu, S. (2025). Penggunaan Biochar untuk Meningkatkan Kualitas Tanah pada Sistem Pertanian Berkelanjutan. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 179–187. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.257>
- Choudhary, T. K., Khan, K. S., Hussain, Q., & Ashfaq, M. (2021). Nutrient Availability to Maize Crop (*Zea mays* L.) in Biochar Amended Alkaline Subtropical Soil. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21(2), 1293–1306. <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00440-0>
- Dely, A., Sukmawati, S., Yamin, M., Akib, M. A., & Suherman, S. (2024). Karakterisasi Morfologi Jagung Hibrida (*Zea mays* L.) pada Berbagai Pemberian Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar pada Tanah Bertekstur Liat. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(1), 104–113. <https://doi.org/10.30605/perbal.v12i1.3375>
- Haddad, S. A., & Lemanowicz, J. (2021). Benefits of corn-cob biochar to the microbial and enzymatic activity of soybean plants grown in soils contaminated with heavy metals. *Energies*, 14(18). <https://doi.org/10.3390/en14185763>
- Irdiana, E., Nurliza, N., & Kurniati, D. (2023). Keberhasilan Penyuluhan Melalui Karakteristik Penyuluh dan Petani. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 11(2), 247–261. <https://doi.org/10.29244/jai.2023.11.2.247-261>
- Manisankar, G., & Vaishnavi, P. (2022). Potential Impact of Biochar in Agriculture: A Review. *Research Journal of Agricultural Sciences An International Journal*, 13(2), 466–475. <https://www.researchgate.net/publication/361244008>
- Mensah, A. K., & Frimpong, K. A. (2018). Biochar and/or Compost Applications Improve Soil Properties, Growth, and Yield of Maize Grown in Acidic Rainforest and Coastal Savannah Soils in Ghana. *International Journal of Agronomy*, 2018, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2018/6837404>
- Shackley, S., Ruysschaert, G., Zwart, K., & Glaser, B. (2016). Biochar carbon stability and effect on greenhouse gas emissions. In *Biochar in European Soils and Agriculture* (1st ed., pp. 1–290).
- Sukmawati, S., Rahim, I., Arodhiskara, Y., Selao, A., & Aswar Syafnur, dan. (2024). Pemanfaatan Biochar Dari Tongkol Jagung Sebagai Pupuk Slow-Release Pada Lahan Kebun Kakao Milik Kelompok Tani Mamminasa Deceng Di Kabupaten Soppeng. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, 9(2), 331–338.
- Xiao, L., & Meng, F. (2020). Evaluating the effect of biochar on salt leaching and nutrient retention of Yellow River Delta soil. *Soil Use and Management*, 36(4), 740–750. <https://doi.org/10.1111/sum.12638>
- Zhang, W., Niu, W., & Luo, H. (2024). Effect of Biochar Amendment on the Growth and Photosynthetic Traits of Plants Under Drought Stress: A Meta-Analysis. *Agronomy*, 14(12), 2952. <https://doi.org/10.3390/agronomy14122952>
- Zonayet, Md., Paul, A. K., Faisal-E-Alam, Md., Syfullah, K., Castanho, R. A., & Meyer, D. (2023). Impact of Biochar as a Soil Conditioner to Improve the Soil Properties of Saline Soil and Productivity of Tomato. *Sustainability*, 15(6), 4832. <https://doi.org/10.3390/su15064832>

Zuo, J., Jiang, S., Yang, T., Li, J., Xia, Z., Wang, Y., & Tan, C. (2024). Preparation of Corncob Biochar Film and Its Efficiency in Removing Cr(VI) in Wastewater. *Coatings*, *15*(1), 25. <https://doi.org/10.3390/coatings15010025>.