

APLIKASI BIOCHAR DAN PUPUK KANDANG AYAM: STRATEGI REMEDIASI LAHAN UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI JAGUNG (*Zea mays* L.)

LOKAL VARIETAS MOMALA

APPLICATION OF BIOCHAR AND CHICKEN MANURE: LAND REMEDIATION STRATEGY TO IMPROVE THE GROWTH AND PRODUCTION OF LOCAL MOMALA VARIETY CORN

(*Zea mays* L.)

Mahyunita Abd. Gafur^{1*}, Angry Pratama Solihin¹, Nurfitri Abdul Gafur²

1)Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo
Jl. Prof.Dr.Ing.B.J. Habibie, Tilongkabila, Bone Bolango, Gorontalo, 96554

2)Pusat Riset Teknologi Lingkungan dan Teknologi Bersih, BRIN.

Corresponding email: mahyunitagafur@ung.ac.id

ABSTRAK

Kata kunci:
Biochar
Pupuk kandang
ayam
Remediasi
lahan

Penurunan kesuburan lahan merupakan kendala utama dalam budidaya jagung lokal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas aplikasi biochar dan pupuk kandang ayam sebagai strategi remediasi lahan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung lokal Momala. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Oktober 2025 di desa Tunggulo, Tilongkabila Bone Bolango, Gorontalo. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok dengan satu faktor dengan perlakuan terdiri atas tanpa biochar + pupuk kandang ayam, Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam, Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam. Variabel yang diamati meliputi parameter pertumbuhan dan komponen hasil serta hasil panen (ton ha⁻¹). Data dianalisis menggunakan analisis varians yang dilanjutkan dengan uji jarak berganda duncan pada taraf signifikansi 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar dan pupuk kandang ayam memberikan pengaruh yang sangat signifikan ($p < 0,05$) terhadap semua parameter pertumbuhan fase vegetatif (5-9mst). Pada fase generatif aplikasi biochar secara signifikan meningkatkan semua komponen hasil. Perlakuan Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam) menghasilkan berat tongkol tanpa kelobot tertinggi (202,67 g), tidak berbeda nyata dengan Biochar 0,5 kg (195,67 g), namun keduanya secara signifikan lebih baik dari tanpa biochar (116,67 g). Disimpulkan bahwa aplikasi biochar dosis 0,5 - 1 kg dikombinasikan dengan pupuk kandang merupakan strategi remediasi lahan yang efektif dan dapat direkomendasikan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung lokal momala secara berkelanjutan.

ABSTRACT

Keywords:
Biochar
Chicken
manure
Land
remediation

Deficiency soil fertility is a major constraint in local corn cultivation. This study aims to determine the effectiveness of biochar and chicken manure application as a land remediation strategy to improve the growth and production of local Momala corn. This study was conducted from July to October 2025 in Tunggulo village, Tilongkabila Bone Bolango, Gorontalo. This study used a randomized block design with one factor with treatments consisting of without biochar + chicken manure, 0.5 kg biochar + chicken manure, 1 kg biochar + chicken manure. The variables observed included growth parameters and yield components as well as harvest yield (ton ha⁻¹). The data were analyzed using analysis of variance followed by Duncan's multiple range test at a significance level of 5%. The results showed that the application of biochar and chicken manure had a very significant effect ($p < 0.05$) on all growth parameters during the vegetative phase (5-9 weeks after planting). During the generatif phase, the application of biochar significantly increased all yield components. The treatment of 1 kg of biochar + chicken manure produced the highest cob weight without husks (202.67 g), which was not significantly different from 0.5 kg of biochar (195.67 g), but both were significantly better than without biochar (116.67 g). The application of 0.5-1 kg of biochar combined with manure is an effective land remediation strategy and can be recommended to improve the growth and production of local momala corn in a sustainable manner.

PENDAHULUAN

Kabupaten Bone Bolango sebagai salah satu lumbung pangan di Provinsi Gorontalo, menghadapi tantangan dalam peningkatan produksi jagung, khususnya varietas lokal unggulan seperti jagung Momala (*Zea mays L.*). Berdasarkan data BPS Provinsi Gorontalo (2025), produktivitas jagung Gorontalo masih dibawah rata-rata nasional. Jagung Momala memiliki nilai budaya dan ekonomi yang tinggi bagi masyarakat setempat, namun produktivitasnya belum optimal. Salah satu faktor pembatas utama adalah degradasi kesuburan lahan, yang ditandai dengan menurunnya bahan organik, kemampuan tanah mengikat air, dan efisiensi penggunaan pupuk (Telaumbanua *et al.*, 2025). Kondisi ini memerlukan intervensi teknologi tepat guna yang tidak hanya mampu meningkatkan hasil dalam satu musim tanam, tetapi juga memulihkan kesehatan tanah secara berkelanjutan.

Jagung Momala merupakan varietas lokal Gorontalo, yang dicirikan dengan bijinya berwarna keunguan serta memiliki ketahanan terhadap kekeringan dan memiliki produktivitas cukup tinggi. Namun, degradasi lahan seperti erosi, pemadatan tanah, ketergantungan terhadap input kimia dan rendahnya bahan organik menjadi kendala terhadap optimalisasi produksi jagung lokal varietas Momala. Degradasi fisik lahan

dapat diatasi dengan melakukan teknik remediasi fisik lahan. Beberapa teknik remediasi fisik yang dapat dilakukan yakni pengolahan tanah, pembuatan terasering atau sengkedan, pembumbunan tanah, dan penambahan bahan organik (Rickson, 2007). Pendekatan ini mampu meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan, mengoptimalkan produktivitas jagung Momala, dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik. Aplikasi pupuk kandang dan biochar merupakan bagian dari remediasi fisik yang begitu penting untuk menunjang kesuburan tanah (Zu'amah *et al.*, 2024). Pengintegrasian biochar dan kompos dari limbah pertanian dapat meningkatkan kualitas tanah, meningkatkan aktivitas mikroba, retensi air tanah serta menyediakan unsur hara bagi tanaman (Hanim *et al.* 2021).

Dalam konteks ini, remediasi lahan melalui amandemen tanah menjadi pilihan strategis. Biochar, material karbon hasil pirolisis biomassa, telah menarik perhatian luas dalam dekade terakhir karena kemampuannya memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah (Lehman *et al.*, 2021). Aplikasi biochar dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), menahan air dan hara, serta menjadi habitat bagi mikroorganisme tanah yang menguntungkan. Sementara itu, pupuk kandang ayam merupakan sumber bahan organik dan hara makro-mikro yang melimpah, namun

ketersediaan haranya seringkali cepat menghilang melalui pencucian dan volatilisasi.

Sinergi antara biochar dan pupuk kandang ayam diharapkan dapat menciptakan solusi yang komprehensif. Biochar berperan sebagai penahan nutrisi dari pupuk kandang ayam di zona perakaran, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan dan ketersediaan hara bagi tanaman untuk pertumbuhan vegetatif dan generatif (Al Masud *et al.*, 2023). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui respon pertumbuhan dan produksi jagung lokal Momala terhadap aplikasi biochar dan pupuk kandang ayam.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di lahan petani jagung desa Tunggulo, Kecamatan Tilongkabila, Bone Bolango, Gorontalo pada bulan Juli-Oktober 2025.

Bahan dan alat riset berupa benih jagung Momala, biochar tongkol jagung, pupuk kandang ayam, pH tanah, mikroskop dan optilab, spektrofotometer, termohigrometer, timbangan analitik, gelas ukur, labu takar, beker gelas, gelas obyek, botol plastik sampel, lumpang dan alu, pipet, kamera. Sampel yang digunakan yaitu plot lahan dengan populasi jagung lokal Momala.

Rancangan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktor tunggal dengan 3 kali ulangan dan jumlah perlakuan 3 yaitu

B0 = tanpa biochar + pupuk kandang ayam, B1= biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam, dan B2= biochar 1 kg + pupuk kandang ayam. Data yang diperoleh selanjutnya dilakukan analisis menggunakan ANOVA dan jika terdapat pengaruh signifikan dilakukan uji lanjut DMRT taraf 5% dengan menggunakan analisis tools R.

Beberapa variabel pengamatan pada penelitian ini antara lain tinggi tanaman(cm), jumlah daun (helai), Biomassa basah tajuk dan akar (g), Berat tongkol jagung berkelobot (g) berat tongkol jagung tanpa kelobot (g), panjang tongkol jagung (cm), diameter jagung (cm), produksi jagung momala (ton ha⁻¹).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa pengaruh aplikasi biochar pada tanaman jagung lokal Momala pada umur tanaman 5 MST, 7 MST, 9 MST, dan 11 MST terhadap respon pertumbuhan tinggi tanaman tersaji pada **Tabel 1**.

Perlakuan biochar 1 kg (114,53 cm) dan biochar 0,5 kg (111,00 cm) menunjukkan tinggi tanaman yang sama baiknya dan secara signifikan lebih unggul dibandingkan perlakuan tanpa biochar saat tanaman jagung lokal momala berumur 5 MST, 7 MST, dan 9 MST. Namun pada 11 MST tetap terjadi pertambahan tinggi tanaman jagung lokal momala tetapi tidak signifikan. Berdasarkan interpretasi data tersebut, bahwa pada vegetatif awal, penambahan biochar telah memberikan

dampak yang lebih positif bagi pertumbuhan tanaman. Biochar mengikat kation seperti Kalsium (Ca), Magnesium (Mg), Kalium (K), Nitrogen (N) yang berasal dari pupuk kandang ayam,

sehingga mengoptimalkan penyerapan dan menahan nutrisi dari pencucian akibat air hujan atau irigasi (Lehman *et al.* 2015; Acharya *et al.*, 2023).

Tabel 1. Hasil uji DMRT tinggi tanaman jagung lokal Momala

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)			
	5 MST	7 MST	9 MST	11 MST
Tanpa biochar + pupuk kandang ayam	33,23 ^b	50,73 ^b	85,73 ^b	169,00 ^a
Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam	111,00 ^a	128,50 ^a	163,50 ^a	214,67 ^a
Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam	114,53 ^a	132,03 ^a	167,03 ^a	228,33 ^a
DMRT _{0.05}	*	*	*	tn

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada satu kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT, MST = minggu setelah tanam, tn= berbeda tidak nyata, *= berbeda nyata pada $\alpha=5\%$.

Hasil pertumbuhan tinggi tanaman, diikuti juga oleh jumlah daun yang secara analisis menghasilkan pengaruh signifikan seperti terlihat pada **Tabel 2**. Pemberian biochar, khususnya pada dosis 1 kg, secara signifikan meningkatkan jumlah daun tanaman pada kedua fase pengamatan (9 dan 11 MST). Pola respons terhadap dosis juga terlihat jelas, semakin tinggi dosis biochar, pertambahan jumlah daun semakin meningkat. Namun pada 11 mst, perlakuan biochar baik 0,5 kg maupun 1 kg sudah tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, mengindikasikan bahwa dosis 0,5 kg sudah cukup efektif dalam jangka panjang. Pada fase vegetatif aktif (9 mst), perlakuan biochar secara signifikan merangsang pertumbuhan tunas dan daun baru. Dosis yang lebih tinggi (1kg) memberikan dampak yang lebih besar daripada dosis rendah (0,5kg). Tanaman jagung lokal momala tanpa biochar

mengalami keterlambatan yang nyata dalam perkembangan daun.

Pada fase 11 MST ini, keunggulan pemberian perlakuan biochar (0,5 dan 1 kg) atas kontrol memperlihatkan hasil yang signifikan berbeda. Namun, perbedaan antara kedua dosis biochar sudah tidak signifikan lagi. Hal ini menunjukkan bahwa dosis 0,5 kg sudah cukup optimal untuk memaksimalkan jumlah daun pada fase generatif atau menjelang panen. Biochar dari limbah pertanian meningkatkan ketersediaan N, P, dan K dalam tanah (Fitria *et al.*, 2024). Selain itu, biochar juga dapat menyerap senyawa organik tertentu yang menghambat pertumbuhan, sekaligus merangsang kolonisasi bakteri rhizosfer yang memproduksi auksin dan giberelin. Kedua hormon ini adalah regulator utama untuk pembelahan sel dan perpanjangan batang sehingga terbentuk daun muda (Liu *et al.*, 2021).

Tabel 2. Hasil uji DMRT jumlah daun jagung lokal Momala

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	
	9 MST	11 MST
Tanpa biochar + pupuk kandang ayam	9,16 ^c	11,07 ^b
Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam	10,99 ^b	13,02 ^a
Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam	12,10 ^a	13,43 ^a
DMRT _{0.05}	**	*

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada satu kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT, MST = minggu setelah tanam, *= berbeda nyata pada $\alpha=5\%$.

Perlakuan Hasil analisis ragam ANOVA pada biomassa segar/basah tajuk dan akar memperlihatkan hasil yang cukup signifikan (**Tabel 3**). Aplikasi biochar memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pertumbuhan vegetatif (tajuk) pada fase pertengahan (9MST). Pada fase akhir (11 MST), meskipun secara numerik lebih tinggi, perbedaannya tidak signifikan secara statistik. Namun memberikan perbedaan yang nyata pada perlakuan tanpa biochar.

Diketahui pada biochar dapat meningkatkan kapasitas menahan air tanah. Sehingga pada fase pertumbuhan, ketersediaan air yang memadai sangat krusial untuk pembesaran sel, yang secara langsung meningkatkan biomassa basah (Mateus *et al.*, 2017). Ketersediaan N yang lebih tinggi dan stabil mendorong sintesis protein dan klorofil sehingga menyebabkan pertumbuhan daun dan batang yang lebih cepat dan terlihat pada biomassa tajuk (Putri *et al.*, 2017).

Tabel 3. Hasil uji DMRT berat tongkol berkelobot dan tanpa kelobot jagung lokal Momala

Perlakuan	Berat tongkol (g)	
	Berkelobot	Tanpa Kelobot
Tanpa biochar + pupuk kandang ayam	208 ^c	116,67 ^b
Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam	320,2 ^b	195,67 ^a
Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam	351,8 ^a	202,67 ^a
DMRT _{0.05}	**	*

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada satu kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT, MST = minggu setelah tanam, *= berbeda nyata pada $\alpha=5\%$.

Biomassa basah akar jagung lokal Momala pada dosis biochar tinggi menunjukkan pengaruh positif yang signifikan terhadap perkembangan akar sejak dini. Pada 9 MST biochar dosis tinggi (1 kg) memberikan hasil terbaik dan berbeda nyata dengan perlakuan tanpa biochar. Pada 11 MST, biomassa akar lebih

besar dihasilkan oleh pemberian biochar dosis tinggi. Biochar ini dapat memicu perubahan arsitektur akar, merangsang percabangan akar lateral dan pembentukan rambut akar yang lebih banyak (Indrawati *et al.*, 2023). Selain itu, akar tumbuh preferensial menuju dan menembus gumpalan biochar di dalam

tanah untuk mengakses nutrisi dan air yang tersimpan di dalam pori-porinya (Hidayati *et al.*, 2018).

Berdasarkan hasil uji ANOVA pada parameter berat tongkol berkelobot dan tanpa kelobot jagung lokal Momala menghasilkan pengaruh yang cukup signifikan akibat perlakuan dosis biochar yang dikombinasikan dengan pupuk kandang ayam. Aplikasi biochar meningkatkan berat tongkol berkelobot secara signifikan, dengan peningkatan sekitar 54% (dosis 0,5 kg) dan 69% (dosis 1 kg) dibandingkan kontrol. Kelobot merupakan struktur pelindung yang juga membutuhkan fotosintat untuk pertumbuhannya. Hasil ini menunjukkan bahwa tanaman dengan biochar menghasilkan fotosintat yang cukup untuk membangun struktur tongkol yang lebih

besar. Hal ini terjadi karena adanya kombinasi biochar dan pupuk kandang ayam secara sinergis meningkatkan retensi N dan P di zona perakaran. Ketersediaan P yang optimal selama pembungaan dan pengisian biji adalah kunci untuk menghasilkan tongkol yang besar dan biji penuh (Liu *et al.*, 2021).

Biochar meningkatkan berat biji tanpa kelobot sekitar 68% untuk kedua dosis biochar. Menariknya, tidak terdapat perbedaan signifikan antara kedua dosis tersebut, namun berbeda secara signifikan pada perlakuan kontrol dengan hasil dibawah perlakuan dosis biochar (**Tabel 4**). Pada tanaman jagung lokal Momala yang diberi perlakuan biochar, alokasi fotosintat lebih banyak diarahkan ke biji (*sink strength*) daripada ke bagian vegetatif lainnya (Faria *et al.*, 2017)

Tabel 4. Hasil uji DMRT panjang dan diameter tongkol jagung lokal Momala

Perlakuan	Panjang tongkol (cm)	Diameter tongkol (cm)
Tanpa biochar + pupuk kandang ayam	17,00 ^b	12,87 ^b
Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam	20,17 ^a	14,40 ^a
Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam	19,83 ^a	14,23 ^a
DMRT _{0.05}	*	*

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada satu kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT, MST = minggu setelah tanam, *= berbeda nyata pada $\alpha=5\%$.

Berdasarkan hasil uji ANOVA untuk panjang dan diameter tongkol jagung lokal Momala memperlihatkan pengaruh cukup signifikan (**Tabel 4**). Aplikasi biochar meningkatkan panjang tongkol sekitar 16-19% dibanding kontrol. Panjang tongkol ditentukan sangat awal dalam fase generatif, tepatnya selama proses pembentukan primordia tongkol. Hasil ini

menunjukkan bahwa perbaikan kondisi tanah oleh biochar sejak fase vegetatif telah mempersiapkan tanaman untuk inisiasi organ generatif yang lebih optimal. Peningkatan ketersediaan hara makro dan mikro, khususnya Boron (B) dan Seng (Zn) yang difasilitasi oleh biochar, sangat kritis untuk perkembangan sel dan diferensiasi jaringan reproduktif. Kekurangan hara

mikro ini dapat menyebabkan gagal tumbuhnya bakal biji dan tongkol yang tidak sempurna (Faria *et al.*, 2017).

Diameter tongkol meningkat 11-12% dengan pemberian biochar pada jagung lokal momala. Diameter tongkol ini berkaitan erat dengan jumlah baris (*kernel rows*). Tongkol yang lebih besar secara diameter memiliki potensi unggul menampung lebih banyak baris biji. Tanaman yang diberi biochar memiliki laju fotosintesis bersih yang lebih tinggi dan indeks luas daun yang lebih besar (Fitria *et al.*, 2024). Ketersediaan fotosintat yang melimpah mencukupi

proses pembelahan dan pembesaran sel dalam tongkol yang sedang berkembang sehingga menghasilkan diameter lebih besar (Al-Hayali *et al.*, 2022).

Hal ini juga didukung oleh ketersediaan air selama periode pembungaan dan penyerbukan. Sifat biochar dalam meningkatkan daya menahan air tanah (*water holding capacity*) membantu menjaga kelembaban tanah yang stabil, mencegah cekaman air yang dapat menyebabkan pengisian biji yang tidak sempurna dan tongkol yang keriput (Barrow *et al.*, 2012).

Tabel 5. Hasil uji DMRT produksi jagung lokal Momala

Perlakuan	Produksi	
	Berat 1000 biji (g)	Hasil panen (ton ha ⁻¹)
Tanpa biochar + pupuk kandang ayam	186,00 ^b	2,64 ^b
Biochar 0,5 kg + pupuk kandang ayam	246,33 ^a	3,61 ^a
Biochar 1 kg + pupuk kandang ayam	202,67 ^a	3,66 ^a
DMRT _{0.05}	*	**

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang berbeda pada satu kolom yang sama berbeda nyata pada uji DMRT, MST = minggu setelah tanam, *= berbeda nyata pada $\alpha=5\%$.

Perlakuan biochar yang dikombinasikan dengan pupuk kandang ayam menghasilkan pengaruh signifikan terhadap berat 1000 biji dan hasil panen (**Tabel 5**). Peningkatan sebesar 32% pada perlakuan biochar 0,5 kg menunjukkan bahwa biji yang dihasilkan jauh lebih berisi. Dosis 0,5 kg menghasilkan biji yang secara signifikan lebih berat dari dosis 1 kg. Pada proses pengisian biji, ketersediaan air tercukupi dan hara selama fase kritis penyerbukan yaitu biji sedang aktif mengakumulasi pati dan

protein. Biji yang bernas adalah hasil dari translokasi fotosintat yang efisien dari *source* menuju *sink* (Lehman *et al.*, 2015).

Aplikasi biochar secara signifikan meningkatkan hasil panen per hektar sebesar 37-39% dibanding kontrol. Kombinasi biochar dan pupuk kandang ayam seringkali menghasilkan efek sinergi. Biochar mampu menahan nutrisi dari pupuk kandang yang mudah terlepas, sehingga efisiensi pemupukan meningkat drastis (Liu *et al.*, 2021).

KESIMPULAN

Aplikasi biochar yang dikombinasikan dengan pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan produksi jagung lokal Momala memberikan hasil yang signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, berat tajuk dan akar, berat tongkol berkelobot dan tanpa kelobot, panjang dan diameter diameter, serta produksi tanaman yang terbaik pada dosis 0,5 kg dan 1 kg.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, N., Vista, S.P., Shrestha, S., Neupane, N., & Pandit, N.R. (2023). Potential of biochar based organic fertilizers on increasing soil fertility, available nutrients, and okra productivity in slightly acidic sandy loam soil. *Nitrogen* 4(1), 1-15. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/nitrogen4010001>
- Al-Hayali, M.F.A., Khalid, A.E., Abdelsalam, N.R., Ghareeb, R.Y., & Emaish, H. (2022). Preparation and characterization of biochar and their effect on cell division. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences*, 13(2), 79-90. Retrieved from: <https://doi.org/10.21608/eajbsh.2022.257675>
- Al Masud, M.A., Shin, W.S., Sarker, A., Septian, A., Das, K., Deepo, D.M., Iqbal, M.A., Islam, A.R.M.T., & Malafaia, G. (2023). A critical review of sustainable application of biochar for green remediation: research uncertainty and future directions. *Science of The Total Environment*, 904, 15, 166813. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166813>
- Barrow, C.J. (2012). Biochar: potential for countering land degradation and for improving agriculture. *Applied Geography*, 34, 21-28. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2011.09.008>
- BPS Provinsi Gorontalo. (2025). *Luas panen dan produksi jagung gorontalo 2024*. Retrieved from: <https://gorontalo.bps.go.id/id/pres-srelease/2025/03/03/1084/luas-panen-jagung-pipilan-di-provinsi-gorontalo-tahun-2024-mencapai-128-23-ribu-hektare-dengan-produksi-jagung-pipilan-kering-dengan-kadar-air-14-persen-sebesar-625-97-ribu-ton.html>
- Faria, W.M., Figueiredo, C.C., Coser, T.R., Vale, A.T., & Schneider, B.G. (2017). Is sewage sludge biochar capable of replacing inorganic fertilizers for corn production? Evidence from two-year field experiment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(4), 505-519. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/03650340.2017.1360488>
- Fitria, A., Nasrudin, N., & Nurhidayah, S. (2024). Pengaruh jenis biochar dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil padi gogo (*Oryza sativa* L.). *Gontor Agrotech Science Journal*, 10(1), 23-35. Retrieved from: <https://doi.org/10.21111/agrotech.v10i1.10971>
- Hanim, N., Khairullah., & Jufri, Y. (2021). Pemanfaatan biochar dan kompos limbah pertanian untuk perbaikan sifat fisika tanah, pertumbuhan dan hasil jagung pada lahan kering. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 707-718. Retrieved from: <https://doi.org/10.17969/jimfp.v6i4.18385>
- Hidayati, L., Martika, M., Iskandar, T., & Proborini, W.D. (2018). Biochar enrichment of corn cob, rice husk and manure chicken manure with addition of nitric acid (HNO₃). *Journal eUREKA*, 2(2), 208-214.
- Indrawati, U.S.Y.V., Herawatiningsih, R., & Dewi, K. (2023). Effect of combination of biochar tankos and

- urea enriched chicken manure (BIOCHIK+) on growth oil palm seedling. *Indian Journal of Agricultural Research*, 57(6), 807-811. Retrieved from: <https://doi.org/10.18805/IJAR.AF-761>
- Lehman, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for environmental management: science, technology and implementation*. Routledge. Retrieved from: https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2018/11/prelim_ch1_2015biocharforenvironmental_management_text.pdf
- Lehman, J., Cowie, A., Massiello, C.A., Kammann, C., Woolf, D., Amonette, J.E., Cayuela, M.L., Arbestain, M.C., & Whitman, T. (2021). Biochar in climate change mitigation. *Nature Geoscience*, 14, 883-892. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/s41561-021-00852-8>
- Liu, L., Li, J., Wu, G., Shen, H., Fu, G., & Wang, Y. (2021). Combined effects of biochar and chicken manure on maize (*Zea mays* L.) growth, lead uptake and soil enzyme activities under lead stress. *PeerJ*, 12(9), e11754. Retrieved from: <https://doi.org/10.7717/peerj.11754>
- Mateus, R., Kantur, D., & Moy, D.L.M. (2017). Pemanfaatan biochar limbah pertanian sebagai pembenah tanah untuk perbaikan kualitas tanah dan hasil jagung di lahan kering. *Agrotrop*, 7(2), 99-108. Retrieved from: <https://doi.org/10.24843/AJoAS.2017.v07.i02.p01>
- Putri, V.I., Mukhlis, M., & Hidayat, B. (2017). Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5(4), 824-828. Retrieved from: <https://tinyurl.com/ycyc8d4c>
- Rickson, R.J. (2007). *Land remediation*. AWE International. Retrieved from: <https://www.awe.international/article/1841150/land-remediation>
- Telaumbanua, I.F., Zega, P.R.Y., Zai, M.L.F., Laia, F., & Lase, N.K. (2025). Pengaruh pupuk organik pada pengolahan lahan di Desa Dahana. *Flora: Jurnal Kajian Ilmu Pertanian dan Perkebunan*, 2(1), 82-88. Retrieved from: <https://doi.org/10.62951/floora.v2i1.216>
- Zu'amah, H., Dewi, T., Handayani, C.O., Gafur, N.A., & Arianti, F.D. (2024). Impact of compost and biochar from agricultural waste on reducing cadmium concentration and mancozeb residue in soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 11(4), 6307-6317. Retrieved from: <https://doi.org/10.15243/jdmlm.2024.114.6307>