Efektivitas Biochar Tongkol Jagung dan *Trichoderma* sp. Pada Tanah Pasir Pesisir

Syamsiar Zamzam[1]*, Andi Dita Tawakkal Gau[2], Mahruz Az Zikra[3], Mutmainnah[4], Andi Erna Sriwahyuningsih[5]

[1234]Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare
[5]Jurusan Agribisnis, Fakultas Pertanian, Peternakan dan Perikanan, Universitas Muhammadiyah Parepare

*Email: syamsiarzamzam13@gmail.com

Abstract

Lahan pesisir berpasir tergolong lahan marginal yang kemampuan menyimpan airnya rendah, daya ikat haranya terbatas, dan struktur tanahnya kurang menunjang perkembangan tanaman cabai. Kajian ini dilaksanakan untuk mengevaluasi seberapa efektif pemberian biochar dari tongkol jagung serta *Trichoderma* sp. dalam memperbaiki mutu tanah dan mendukung pertumbuhan cabai pada medium pasir pantai. Rancangan penelitian memuat empat perlakuan: kontrol, *Trichoderma* sp., biochar tunggal, serta biochar yang diperkaya *Trichoderma* sp. Peubah yang diamati mencakup karakter kimia tanah (C-organik, N-total, P-tersedia, dan K) serta karakter fisik tanah (daya simpan air, porositas, dan bobot isi). Peubah pertumbuhan yang diukur ialah laju tumbuh, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan warna daun ketika tanaman berumur 20 hari setelah tanam. Temuan penelitian memperlihatkan bahwa pemberian biochar menaikkan kandungan C-organik, N, P, dan K tanah, sekaligus memperbaiki sifat fisik tanah dengan cara menaikkan porositas dan daya simpan air serta menurunkan bobot isi. Perlakuan gabungan biochar dengan *Trichoderma* sp. menghasilkan respon pertumbuhan cabai paling baik, khususnya pada peubah laju tumbuh, jumlah daun, dan warna daun. Perlakuan kombinasi biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) terbukti memberikan respon pertumbuhan paling unggul untuk tanaman cabai di tanah pasir pesisir. Pada perlakuan BTJT1, waktu tumbuh dipercepat dari 6,33 menjadi 4,33 hari setelah tanam (HST), setara dengan percepatan 31,60% dibanding kontrol. Tinggi tanaman bertambah 7,81% (dari 7,17 menjadi 7,73 cm), sementara diameter batang bertambah 1,65% (dari 14,53 menjadi 14,77 mm). Jumlah daun naik sebesar 23,46%, yakni dari 5,67 menjadi 7,00 helai. Skor warna daun menurut bagan warna daun (BWD) naik dari 2,00 (kontrol) menjadi 2,67 pada BTJT1, atau secara deskriptif meningkat 33,50%. Temuan ini mengindikasikan bahwa paduan biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. berpeluang memperbaiki keadaan media tumbuh serta menunjang fase pertumbuhan awal tanaman cabai di lahan pasir pesisir.

Keywords : Biochar; *Trichoderma* sp.; Tanah Pasir; Tongkol Jagung; Cabai

1. Pendahuluan

Tanah pasir pesisir termasuk lahan marginal yang keterbatasannya menyulitkan tanaman untuk tumbuh optimal. Ciri khas tanah ini ialah teksturnya yang kasar, daya tampung air yang minim, serta tingginya angka pencucian unsur hara (Aprilia and Sukur 2022). Selain itu, kondisi salinitas yang umum pada lahan pesisir menjadi faktor pembatas utama karena mengganggu keseimbangan osmotik tanaman dan menurunkan produktivitas (Arif et al. 2020). Rumitnya permasalahan ini mengisyaratkan bahwa upaya memperbaiki mutu tanah pesisir menuntut pendekatan terpadu yang mampu menyentuh perbaikan sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah secara bersamaan.

Biochar dikenal sebagai amelioran yang ampuh menaikkan kapasitas tukar kation, retensi air, dan kestabilan struktur tanah (Bawamenewi, Gea, and Waruwu 2025; Kusman 2024; Z. Sun et al. 2022). Pada tanah marginal, aplikasi biochar juga terbukti (Hidayati, Anwar, and Prasetyo 2024; Zamzam et al. 2024). Di sisi lain, *Trichoderma* sp. berperan meningkatkan aktivitas biologis tanah, mempercepat penguraian bahan organik, dan melancarkan ketersediaan unsur hara (Syamsiyah et al. 2024; Syamsiyah, Herdiansyah, and Hartati 2023). Sejumlah kajian mengungkapkan bahwa paduan biochar dengan mikroorganisme dapat menimbulkan efek sinergis bagi perbaikan tanah dan pertumbuhan tanaman (Zamzam, Tawakkal, and Putra 2024).

Namun demikian, penelitian terdahulu (Zamzam et al. 2021) umumnya masih memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sebagian besar studi mengevaluasi biochar dan mikroorganisme secara terpisah, sehingga interaksi keduanya dalam sistem tanah belum dipahami secara komprehensif, khususnya pada lingkungan dengan tekanan salinitas tinggi. Kedua, karakteristik biochar sangat dipengaruhi oleh bahan baku, namun pemanfaatan biochar berbasis limbah tongkol jagung sebagai sumber karbon lokal pada tanah pasir pesisir masih jarang dieksplorasi secara sistematis. Ketiga, penelitian yang mengkaji respons tanah pesisir terhadap kombinasi biochar dan agen hayati umumnya belum mengintegrasikan parameter fisik, kimia, dan biologi tanah secara bersamaan, sehingga efektivitasnya secara holistik belum dapat disimpulkan secara kuat.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, kebaruan penelitian ini berada pada evaluasi terpadu pemanfaatan biochar tongkol jagung yang diperkaya *Trichoderma* sp. dalam memperbaiki mutu tanah pasir pesisir melalui pendekatan multidimensi (fisik, kimia, dan biologi tanah) (Kredics et al. 2024; Nepal et al. 2023). Pendekatan ini tidak hanya menguji efektivitas masing-masing agen, tetapi juga mengkaji potensi interaksi sinergisnya dalam kondisi spesifik lahan pesisir yang dipengaruhi salinitas.

Permasalahan yang dijawab dalam penelitian ini ialah sejauh mana kombinasi biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. mampu memperbaiki kualitas tanah pasir pesisir secara komprehensif. Hipotesis yang diajukan adalah bahwa aplikasi kombinasi biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. memberikan efek sinergis yang lebih efektif dalam meningkatkan kualitas tanah dibandingkan aplikasi tunggal masing-masing perlakuan. Adapun tujuan penelitian ini ialah menganalisis efektivitas biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. dalam meningkatkan kualitas tanah pasir pesisir..

2. Kerangka Teori

a. Tanah Pasir Pesisir sebagai Lahan Marginal

Lahan pesisir berpasir merupakan lahan marginal yang berciri tekstur kasar, kemampuan menahan air yang rendah, kandungan bahan organik minim, serta tingginya pencucian hara. Keadaan ini menurunkan efisiensi pemanfaatan air dan hara sehingga pertumbuhan tanaman menjadi terhambat. Selain itu, salinitas yang kerap dijumpai di wilayah pesisir menimbulkan tekanan osmotik yang mengganggu penyerapan air dan hara oleh tanaman. Karena itulah, tanah pasir pesisir membutuhkan teknologi ameliorasi yang sanggup memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah secara terpadu (Qin et al. 2023).

b. Biochar sebagai Amelioran Tanah

Biochar adalah bahan kaya karbon yang dihasilkan dari pirolisis biomassa, memiliki struktur berpori, luas permukaan yang besar, dan kapasitas tukar kation yang tinggi. Sifat-sifat inilah yang membuat biochar efektif meningkatkan retensi air, memperbaiki struktur tanah, menekan kehilangan hara akibat pencucian, serta menambah kandungan karbon organik tanah. Pada tanah bertekstur pasir, biochar terbukti mampu meningkatkan ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium sekaligus menaikkan produktivitas tanaman (Bekchanova et al. 2024). Tingkat keefektifan biochar dipengaruhi oleh jenis bahan bakunya. Biochar tongkol jagung memiliki kandungan karbon dan mineral yang cukup tinggi sehingga berpotensi dijadikan amelioran untuk lahan marginal.

c. Peran *Trichoderma* sp. dalam Perbaikan Biologi Tanah

Trichoderma sp. merupakan merupakan fungi tanah yang berperan sebagai agen hayati sekaligus mikroorganisme pemacu pertumbuhan tanaman (plant growth-promoting fungi). Mikroorganisme ini sanggup mempercepat penguraian bahan organik, meningkatkan mineralisasi unsur hara, menghasilkan hormon tumbuh seperti auksin dan giberelin, serta memacu perkembangan sistem perakaran tanaman. Di samping itu, Trichoderma sp. juga mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah dan membantu tanaman bertahan dari stres lingkungan di lahan marginal (Martins et al. 2025).

d. Interaksi Sinergis Biochar dan *Trichoderma* sp.

Biochar dan Trichoderma sp. memiliki mekanisme kerja yang saling melengkapi dalam memperbaiki mutu tanah. Biochar berperan memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah melalui peningkatan porositas, retensi air, dan ketersediaan hara, sedangkan *Trichoderma* sp. meningkatkan aktivitas biologis tanah dan efisiensi penyerapan hara oleh tanaman. Struktur pori biochar juga dapat menjadi habitat yang mendukung kolonisasi dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. dilaporkan mampu meningkatkan biomassa mikroba tanah, meningkatkan siklus hara, dan mendukung pertumbuhan tanaman pada tanah marginal secara lebih efektif dibandingkan aplikasi tunggal (Bekchanova et al. 2024; Martins et al. 2025).

3. Metodologi

Bahan

Bahan-bahan yang dipakai dalam penelitian ini terdiri atas tanah pasir pesisir, dan biochar tongkol jagung, *Trichoderma* sp.,

Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan metode penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan empat perlakuan yaitu: Kontrol = Tanpan perlakuan, BTJ = Biochar Tongkol Jagung, Trico = *Trichoderma* sp., dan BTJT = Biochar Tongkol Jagung + *Trichoderma* sp. yang diulang sebanyak tiga kali. jumlah total sampel pengamatan dalam penelitian ini adalah 12 unit pengamatan.

Tahapan Penelitian

Tahap I : Pembuatan Biochar Tongkol Jagung

Pembuatan biochar tongkol jagung dilaksanakan dengan menggunakan alat pirolisis drum sederhana dan metode pembakaran konvensional. Sebelum dibakar, tongkol jagung dijemur hingga kadar airnya menurun. Setelah itu, tongkol jagung dibakar di dalam alat pirolisis pada kisaran suhu 300-400 derajat Celcius selama 2-4 jam. Manakala proses pembakaran selesai, biochar disiram air mengalir guna menghentikan pembakaran, lalu diangkat dan dijemur kembali sampai kadar airnya berkurang. Biochar kering kemudian dicacah agar ukuran partikelnya lebih kecil dan seragam.

Tahap II: Pengayaan Biochar Tongkol Jagung dengan *Trichoderma* sp.

Biochar tongkol jagung yang telah dicacah kemudian diperkaya dengan *Trichoderma* sp. Bibit *Trichoderma* sp. yang sebelumnya diperbanyak pada media beras dicampurkan secara merata ke dalam biochar. Selanjutnya, campuran tersebut diinkubasi selama 10 hari hingga miselium *Trichoderma* sp. tumbuh dan berkembang pada permukaan biochar tongkol jagung.

Tahap III: Aplikasi Biochar Tongkol Jagung Secara Tunggal Dan Kombinasi

Biochar yang telah siap kemudian diaplikasikan pada media tanam pasir pesisir yang sebelumnya telah dimasukkan ke dalam polybag. Aplikasi biochar dilakukan secara tunggal maupun kombinasi dengan dosis 100 gram per polybag sesuai dengan perlakuan yang diamati.

Tahap IV: Analisi Tanah

Analisis tanah dilakukan sebelum dan sesudah aplikasi biochar. Parameter tanah yang dianalisis meliputi kandungan C-organik dengan metode Walkley & Black, N-total dengan metode Kjeldahl, P tersedia dengan metode Olsen, serta K tersedia dengan metode NH4OAc.

Parameter Penelitian

Parameter yang diamati dalam penelitian ini meliputi analisis sifat kimia tanah, sifat fisik tanah, serta pertumbuhan tanaman. Analisis sifat kimia tanah dilakukan sebelum dan sesudah pemberian biochar, mencakup kandungan C-organik (Walkley & Black), N-total (Kjeldahl), P tersedia (Olsen), dan K tersedia (NH4OAc). Pengamatan sifat fisik tanah meliputi kapasitas menahan air, porositas, dan bobot isi (bulk density). Adapun parameter pertumbuhan tanaman yang diamati ialah kecepatan tumbuh pada umur 0-7 HST, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan warna daun. Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji lanjut sesuai perlakuan yang diamati

4. Hasil

Sifat Kimia Tanah

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. baik secara tunggal atau kombinasi

Perlakuan	C (Walkley & Black)	N (Kjeldahl)	C/N	P (Olsen)	K
	%			Ppm	cmol + Kg-1
Analisis Awal					
Kontrol	6.21	0.32	-	58.62	0.76
BTJ	20.62	0.9	23	10479.4	8.97
BTJT	27.37	1.01	27	10292.93	50
Setelah Aplikasi					
BTJ1	7.88	0.54	15	111.88	0.85
BTJT1	6.35	0.36	18	186.47	0.68
Trico1	5.68	0.76	8	149.17	0.43

Keterangan: Kontrol = Tanpan perlakuan, BTJ = Biochar Tongkol Jagung (sebelum aplikasi), BTJT = Biochar Tongkol Jagung + *Trichoderma* sp. (sebelum aplikasi), Trico1 = *Trichoderma* sp. (setelah aplikasi), BTJ1 = Biochar Tongkol Jagung (setelah aplikasi), BTJT = Biochar Tongkol Jagung + *Trichoderma* sp. (setelah aplikasi)

Hasil analisis memperlihatkan bahwa pemberian biochar tongkol jagung dan Trichoderma sp. berpengaruh terhadap sifat kimia tanah pasir pesisir, terutama pada kandungan C-organik, N-total, rasio C/N, serta ketersediaan fosfor (P) dan kalium (K) (Tabel 1). Secara umum, perlakuan biochar menunjukkan kandungan hara yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, baik sebelum maupun sesudah diaplikasikan pada media tanam (Bolan et al. 2023).

Kandungan C-organik tertinggi ditemukan pada perlakuan biochar yang diperkaya *Trichoderma* sp. (BTJT) sebesar 27,37%, diikuti biochar tanpa pengayaan (BTJ) sebesar 20,62%, sedangkan kontrol hanya sebesar 6,21%. Tingginya kandungan C-organik pada biochar menunjukkan bahwa biochar merupakan sumber karbon stabil yang berasal dari proses pirolisis biomassa tongkol jagung. Setelah diaplikasikan pada media tanah pasir pesisir selama 50 hari, kandungan C-organik mengalami penurunan menjadi 7,88% pada BTJ1 dan 6,35% pada BTJT1. Penurunan ini diduga terjadi akibat proses pencampuran dengan tanah, mineralisasi bahan organik, serta pencucian karbon larut pada media pasir yang memiliki drainase tinggi. Meskipun demikian, kandungan C-organik setelah aplikasi masih relatif lebih tinggi dibandingkan kondisi awal tanah kontrol, yang menunjukkan bahwa biochar tetap memberikan kontribusi terhadap peningkatan bahan organik tanah.

Peningkatan kandungan karbon organik biochar telah banyak dilakukan pada tanah marginal. Biochar memiliki struktur aromatik stabil yang mampu bertahan lebih lama di dalam tanah, berfungsi sebagai penyimpan karbon jangka panjang (Li et al. 2024) (Tang et al. 2026). Selain itu, struktur pori biochar juga dapat menjadi habitat bagi mikroorganisme tanah sehingga liumeningkatkan aktivitas biologis tanah. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Zamzam, Salim, and Gau 2023) menyatakan bahwa biochar yang diperkaya mikroorganisme mampu meningkatkan kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas biologis tanah.

Kandungan N-total menunjukkan pola yang serupa dengan C-organik. Perlakuan BTJT memiliki kandungan N tertinggi sebesar 1,01%, diikuti BTJ sebesar 0,90%, sedangkan kontrol hanya sebesar 0,32%. Setelah aplikasi, kandungan N mengalami penurunan menjadi 0,54% pada BTJ1 dan 0,36% pada BTJT1. Penurunan ini diduga berkaitan dengan proses imobilisasi nitrogen oleh mikroorganisme serta tingginya potensi pencucian pada tanah pasir. Namun demikian, nilai N-total setelah aplikasi masih lebih tinggi dibandingkan kontrol, yang menunjukkan bahwa biochar mampu meningkatkan retensi nitrogen dalam tanah.

Biochar diketahui mampu meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen melalui peningkatan kapasitas tukar kation dan kemampuan adsorpsi ion amonium, sehingga kehilangan nitrogen akibat pencucian dapat dikurangi. Selain itu, *Trichoderma* sp. berperan dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah dan proses mineralisasi bahan organik sehingga mendukung ketersediaan nitrogen bagi tanaman (Poveda 2021). (Syamsiyah, Herdiansyah, and Hartati 2023) juga menyatakan bahwa aplikasi *Trichoderma* mampu meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan mempercepat dekomposisi bahan organik pada lahan marginal.

Rasio C/N tertinggi ditemukan pada perlakuan BTJT sebesar 27 dan BTJ sebesar 23, sedangkan perlakuan setelah aplikasi menunjukkan nilai yang lebih rendah,

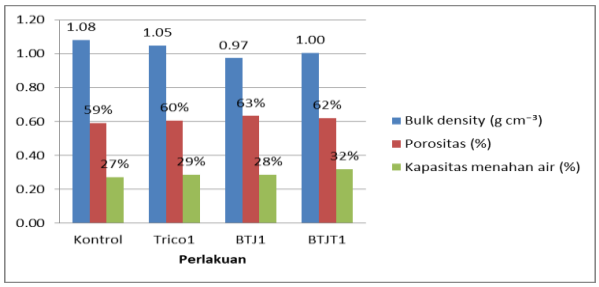
yaitu 18 pada BTJT1 dan 15 pada BTJ1. Rasio C/N yang tinggi pada biochar menunjukkan dominasi karbon stabil yang relatif sulit terdekomposisi. Sebaliknya, perlakuan *Trichoderma* sp. (Trico1) memiliki rasio C/N paling rendah (8), yang menunjukkan bahwa aktivitas mikroorganisme mempercepat proses dekomposisi bahan organik dan pelepasan unsur hara.

Ketersediaan fosfor (P) menunjukkan peningkatan yang sangat tinggi pada perlakuan biochar. Kandungan P pada BTJ mencapai 10479,40 ppm dan pada BTJT sebesar 10292,93 ppm, sedangkan kontrol hanya sebesar 58,62 ppm. Setelah diaplikasikan pada tanah, kandungan P menurun menjadi 111,88 ppm pada BTJ1 dan 186,47 ppm pada BTJT1, namun nilainya masih lebih tinggi dibandingkan kontrol. Tingginya kandungan P pada biochar diduga berasal dari akumulasi mineral selama proses pirolisis, terutama pada fraksi abu biochar. Penurunan kandungan P setelah aplikasi menunjukkan adanya proses distribusi ulang, pencucian, dan kemungkinan fiksasi fosfor di dalam tanah.

Meskipun mengalami penurunan setelah aplikasi, perlakuan biochar tetap menunjukkan kemampuan dalam meningkatkan ketersediaan fosfor tanah. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Z. Sun et al. 2022; Tang et al. 2026) menyatakan bahwa biochar mampu meningkatkan ketersediaan fosfor melalui peningkatan pH tanah dan penurunan fiksasi fosfat pada tanah marginal. Selain itu, *Trichoderma* sp. diketahui mampu meningkatkan pelarutan fosfat melalui produksi asam organik dan enzim fosfatase sehingga meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman. (Zamzam, Tawakkal, and Putra 2024) aplikasi biochar mampu meningkatkan efisiensi penyerapan hara dan perkembangan akar tanaman pada tanah marginal.

Kandungan kalium (K) menunjukkan pola yang sama dengan fosfor. Perlakuan BTJT memiliki kandungan K tertinggi sebesar 50 cmol(+)/kg, diikuti BTJ sebesar 8,97 cmol(+)/kg, sedangkan kontrol hanya sebesar 0,76 cmol(+)/kg. Setelah aplikasi, kandungan K menurun menjadi 0,85 cmol(+)/kg pada BTJ1 dan 0,68 cmol(+)/kg pada BTJT1. Tingginya kandungan K pada biochar menunjukkan bahwa unsur K terkonsentrasi selama proses pirolisis dan tersimpan dalam fraksi abu biochar. Setelah diaplikasikan ke tanah, sebagian K kemungkinan mengalami pencucian karena sifat tanah pasir yang memiliki kapasitas retensi hara rendah.

Sifat Fisik Tanah



Gambar 1. Pengaruh biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. terhadap bulk density, porositas, dan kapasitas menahan air tanah pasir pesisir.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian biochar tongkol jagung dan Trichoderma sp. berpengaruh terhadap sifat fisik tanah pasir pesisir, terutama pada bobot isi (bulk density), porositas, dan kapasitas menahan air (Gambar 1). Secara umum, perlakuan biochar mampu memperbaiki kondisi fisik tanah dibandingkan kontrol.

Nilai bulk density tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol sebesar 1,08 g cm^{-3}, sedangkan nilai terendah ditemukan pada perlakuan biochar (BTJ1) sebesar 0,97 g cm^{-3}. Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) juga menunjukkan penurunan bulk density menjadi 1,00 g cm^{-3}. Penurunan bulk density menunjukkan bahwa Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) mampu membuat tanah menjadi lebih gembur dan mengurangi kepadatan tanah (Nepal et al. 2023). Biochar memiliki sifat densitas rendah dan struktur berpori yang mampu meningkatkan ruang antar partikel tanah. Pada tanah pasir pesisir, kondisi ini sangat penting karena dapat meningkatkan penetrasi akar dan aerasi tanah. Hasil penelitian (Zhu et al. 2025) menyatakan bahwa aplikasi biochar mampu menurunkan bulk density tanah melalui peningkatan struktur agregat dan ruang pori tanah. Penelitian (Zamzam, Gau, and Rahim 2023) juga menunjukkan bahwa biochar yang diperkaya mikroorganisme mampu memperbaiki kualitas fisik tanah marginal dan meningkatkan kondisi media tumbuh tanaman.

Porositas tanah mengalami peningkatan pada perlakuan biochar dibandingkan kontrol. Nilai porositas tertinggi terdapat pada BTJ1 sebesar 63%, diikuti BTJT1 sebesar 62%, sedangkan kontrol hanya sebesar 59%. Peningkatan porositas menunjukkan bahwa biochar mampu memperbaiki distribusi ruang pori tanah sehingga meningkatkan sirkulasi udara dan pergerakan air dalam tanah. Struktur biochar yang kaya mikropori dan makropori berperan penting dalam meningkatkan porositas tanah pasir yang umumnya stabilitas agregatnya rendah.. Peningkatan porositas tanah akibat aplikasi biochar juga dilaporkan oleh (Tang et al. 2026), yang menyatakan bahwa biochar mampu meningkatkan struktur tanah dan memperbaiki keseimbangan antara aerasi dan retensi air pada tanah marginal. Selain itu, keberadaan *Trichoderma* sp. diduga turut mendukung pembentukan agregat tanah melalui aktivitas biologis dan produksi senyawa organik yang membantu pengikatan partikel tanah.

Kapasitas menahan air menunjukkan peningkatan pada seluruh perlakuan dibandingkan kontrol. Nilai tertinggi ditemukan pada perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) sebesar 32%, sedangkan kontrol hanya sebesar 27%. (Ali et al. 2024) Peningkatan kapasitas menahan air menunjukkan bahwa biochar memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan menyimpan air di dalam pori-porinya. Hal ini sangat penting pada tanah pasir pesisir yang secara alami memiliki kemampuan retensi air rendah akibat dominasi fraksi pasir.

Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. memberikan hasil terbaik terhadap kapasitas menahan air dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan adanya efek sinergis antara biochar dan mikroorganisme dalam memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan

kelembapan tanah. *Trichoderma* sp. diduga berperan dalam meningkatkan stabilitas agregat tanah melalui perkembangan hifa dan aktivitas biologis di sekitar perakaran tanaman. (J. Sun et al. 2023) Biochar mapu meningkatkan stabilitas agregat tanah.

Hasil penelitian (Syamsiyah et al. 2024) menunjukkan bahwa aplikasi *Trichoderma* mampu meningkatkan kualitas biologis tanah dan mendukung peningkatan kemampuan tanah dalam mempertahankan kelembapan (Chen et al. 2025). (Liu et al. 2022) juga menyatakan bahwa kombinasi biochar dan mikroorganisme dapat meningkatkan retensi air dan efisiensi penggunaan air pada tanah marginal.

Hasil pengamatan sifat fisik tanah menunjukkan bahwa biochar tongkol jagung berperan dominan dalam memperbaiki sifat fisik tanah pasir pesisir melalui penurunan bulk density serta peningkatan porositas dan kapasitas menahan air. Kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan perlakuan tunggal, yang menunjukkan adanya interaksi sinergis antara perbaikan fisik tanah oleh biochar dan aktivitas biologis oleh mikroorganisme.

Pertumbuhan Tanaman Cabai

Tabel 2. Pertumbuhan Tanamn Cabai Tanah biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. baik secara tunggal atau kombinasi

Perlakuan	Kecepatan Tumbuh (HST)	Tinggu Tanam (cm)	Diameter Batang (mm)	Jumlah Daun (helai)	Warna Daun (BWD)
Kontrol	6.33 b	7.17	14.53	5.67 b	2.00
Trico1	5.33 a	7.50	14.77	6.67 b	2.67
BTJ1	4.67 a	7.33	14.70	5.33 a	2.00
BTJT1	4.33 a	7.73	14.77	7.00 c	2.67

Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman cabai pada umur 20 HST menunjukkan bahwa pemberian biochar tongkol jagung dan Trichoderma sp. memberikan pengaruh yang berbeda terhadap parameter pertumbuhan tanaman, meliputi kecepatan tumbuh, tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan warna daun (Tabel 2). Secara umum, perlakuan kombinasi biochar dan Trichoderma sp. menunjukkan respons pertumbuhan tanaman cabai yang lebih baik dibandingkan perlakuan tunggal maupun kontrol.

Parameter kecepatan tumbuh menunjukkan bahwa tanaman cabai pada perlakuan kontrol rata-rata mulai tumbuh pada hari ke-6 (6,33 HST), sedangkan perlakuan biochar dan kombinasi biochar-*Trichoderma* menunjukkan waktu kemunculan yang lebih cepat, yaitu sekitar hari ke-4 hingga ke-5. Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) menunjukkan waktu tumbuh tercepat sebesar 4,33 HST sejalan dengan penelitian (Kredics et al. 2024) yang menyatakan bahwa Trichoderma sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil ini mengindikasikan bahwa aplikasi biochar mampu memperbaiki kondisi media tumbuh sehingga mendukung proses perkecambahan dan pertumbuhan awal tanaman cabai. Peningkatan kapasitas menahan air dan aerasi tanah akibat aplikasi biochar diduga menjadi faktor utama yang mempercepat proses imbibisi benih dan perkembangan embrio tanaman. (Woo et al. 2022) *Trichoderma* sp. berperan dalam merangsang pertumbuhan awal tanaman melalui produksi hormon tumbuh seperti auksin dan giberelin. (Kredics et al. 2024) menyatakan bahwa *Trichoderma* berfungsi sebagai plant growth-promoting fungi yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan aktivitas biologis di daerah perakaran serta peningkatan efisiensi penyerapan hara. Hasil penelitian (Syamsiyah et al. 2024) bahwa aplikasi *Trichoderma* mampu meningkatkan vigor tanaman pada fase awal pertumbuhan melalui peningkatan aktivitas mikroba tanah dan ketersediaan unsur hara.

Parameter tinggi tanaman menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. menghasilkan tinggi tanaman cabai tertinggi sebesar 7,73 cm, diikuti perlakuan Trico sebesar 7,50 cm dan BTJ sebesar 7,33 cm, sedangkan kontrol menunjukkan nilai terendah sebesar 7,17 cm. Meskipun perbedaannya relatif kecil, peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan biochar dan *Trichoderma* menunjukkan bahwa kedua perlakuan mampu memperbaiki kondisi media tumbuh sehingga mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman cabai. Peningkatan tinggi tanaman diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan air dan unsur hara akibat aplikasi biochar. Biochar diketahui mampu meningkatkan retensi air, kapasitas tukar kation, serta ketersediaan unsur hara dalam tanah marginal. Selain itu, *Trichoderma* sp. mampu meningkatkan perkembangan sistem perakaran sehingga penyerapan air dan hara menjadi lebih efisien. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Zamzam, Gau, and Rahim 2023) menyatakan bahwa aplikasi biochar mampu meningkatkan perkembangan akar dan efisiensi penyerapan hara tanaman pada tanah marginal.

Diameter batang menunjukkan pola yang hampir sama dengan tinggi tanaman. Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. (BTJT1) menghasilkan diameter batang tertinggi sebesar 14,77 mm sejalan dengan penelitian (Chen et al. 2025) yang menyatakan bahwa *Trichoderma* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman, diikuti Trico1 sebesar 14,77 mm dan BTJ1 sebesar 14,70 mm, sedangkan kontrol sebesar 14,53 mm. Peningkatan diameter batang menunjukkan bahwa kondisi tanah yang lebih baik mendukung pertumbuhan jaringan tanaman secara optimal. Diameter batang yang lebih besar juga menunjukkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dan kemampuan tanaman dalam mendukung proses translokasi hasil fotosintesis.

Jumlah daun menunjukkan perbedaan yang cukup jelas antar perlakuan. Perlakuan kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. menghasilkan jumlah daun tertinggi sebesar 7 helai, sedangkan kontrol dan Trico masing-masing sebesar 5,67 helai, dan perlakuan biochar tunggal sebesar 5,33 helai. Peningkatan jumlah daun pada perlakuan kombinasi menunjukkan adanya efek sinergis antara biochar dan *Trichoderma* dalam meningkatkan aktivitas fisiologis tanaman cabai. Jumlah daun yang lebih

tinggi berkaitan dengan meningkatnya aktivitas fotosintesis tanaman akibat ketersediaan hara yang lebih baik, terutama nitrogen. *Trichoderma* diketahui mampu meningkatkan penyerapan unsur hara serta menghasilkan senyawa bioaktif yang merangsang pertumbuhan tanaman. (Liu et al. 2022) melaporkan bahwa kombinasi biochar dan mikroorganisme dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan melalui peningkatan efisiensi penggunaan hara dan aktivitas biologis tanah (Chen et al. 2025).

Parameter warna daun menunjukkan bahwa perlakuan yang mengandung *Trichoderma* sp. memiliki nilai warna daun lebih tinggi (2,67 BWD) dibandingkan kontrol dan biochar tunggal (2,00 BWD). Warna daun yang lebih hijau menunjukkan kandungan klorofil yang lebih tinggi, yang berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan nitrogen dan aktivitas fotosintesis tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. berperan penting dalam meningkatkan kualitas fisiologis tanaman cabai melalui peningkatan aktivitas biologis tanah dan efisiensi penyerapan unsur hara (Yao et al. 2023). Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. memberikan respons terbaik terhadap pertumbuhan tanaman cabai pada tanah pasir pesisir dibandingkan perlakuan lainnya.

5. Kesimpulan

Aplikasi biochar tongkol jagung dan *Trichoderma* sp. terbukti mampu meningkatkan kualitas tanah pasir pesisir serta mendukung pertumbuhan tanaman cabai. Biochar berperan dalam memperbaiki sifat kimia tanah melalui peningkatan kandungan C-organik, N-total, fosfor, dan kalium, serta memperbaiki sifat fisik tanah melalui peningkatan porositas dan kapasitas menahan air serta penurunan bulk density. Sementara itu, *Trichoderma* sp. berkontribusi dalam meningkatkan aktivitas biologis tanah dan efisiensi penyerapan hara yang berdampak pada peningkatan pertumbuhan vegetatif tanaman cabai. Kombinasi biochar dan *Trichoderma* sp. menunjukkan hasil paling optimal dibandingkan perlakuan tunggal maupun kontrol, terutama pada parameter kecepatan tumbuh, jumlah daun, dan warna daun tanaman cabai. Temuan ini menunjukkan bahwa biochar tongkol jagung yang diperkaya *Trichoderma* sp. berpotensi dikembangkan sebagai teknologi ameliorasi yang berkelanjutan untuk meningkatkan produktivitas lahan pasir pesisir. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitas perlakuan dalam jangka panjang serta pengaruhnya terhadap produksi dan hasil panen tanaman cabai pada kondisi lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Majelis Pendidikan Tinggi, Penelitian, dan Pengembangan (Diktilitbang) Pimpinan Pusat Muhammadiyah melalui Program Hibah Riset Nasional Muhammadiyah Batch IX Tahun 2025 atas dukungan pendanaan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, atas fasilitas dan bantuan selama pelaksanaan analisis tanah dan biochar, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Aprilia, Rennanti Lunnadiyah, and Sukur Sukur. 2022. "Kajian Sifat Fisik, Kimia, Dan Biologi Pada Tanah Berpasir Di Beberapa Wilayah Indonesia." *Agronu: Jurnal Agroteknologi* 1(02): 71–79.

Arif, Yamshi et al. 2020. "Salinity Induced Physiological and Biochemical Changes in Plants : An Omic Approach towards Salt Stress Tolerance." *Plant Physiology and Biochemistry* 156: 64–77.

Bawamenewi, Tuti Ariani, Friska Hastika Gea, and Septenius Waruwu. 2025. "Penggunaan Biochar Untuk Meningkatkan Kualitas Tanah Pada Sistem Pertanian Berkelanjutan." *Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman* 2(1): 179–87.

Bekchanova, Madina et al. 2024. "Biochar Improves the Nutrient Cycle in Sandy - Textured Soils and Increases Crop Yield : A Systematic Review." *Environmental Evidence* 13(3): 1–34. https://doi.org/10.1186/s13750-024-00326-5.

Bolan, Shiv et al. 2023. "The Potential of Biochar as a Microbial Carrier for Agricultural and Environmental Applications." *Science of the Total Environment* 886(February): 163968. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163968.

Chen, Xiaoyan et al. 2025. "*Trichoderma* : Dual Roles in Biocontrol and Plant Growth Promotion." : 1–15.

Hidayati, Al, Maulana Anwar, and Teguh Budi Prasetyo. 2024. "Peranan Biochar Dan Kompos Dalam Meningkatkan Retensi Air Dan Produksi Jagung Manis (Zea Mays L . Var . Saccharata) Pada Tanah Bertekstur Kasar." 35(2): 238–49.

Kredics, László et al. 2024. "Recent Advances in the Use of *Trichoderma* -Containing Multicomponent Microbial Inoculants for Pathogen Control and Plant Growth Promotion." : 1–39.

Kusman, Hardi. 2024. "Jurnal Biologi Tropis The Use of Biochard for Improving Soil Quality and Environmental Services."

Li, Qiang et al. 2024. "Biochar Affects Organic Carbon Composition and Stability in Highly Acidic Tea Plantation Soil." *Journal of Environmental Management* 370(122803): 1–8.

Liu, Yong et al. 2022. "A Quantitative Review of the Effects of Biochar Application on Rice Yield and Nitrogen Use Efficiency in Paddy Fields : A Meta-Analysis." : 35341863.

Martins, Elisiane et al. 2025. "Potential of Biochar Inoculated with *Trichoderma* to Improve Soil Chemical and Biological Properties in a Regenerating Area." *Journal of Arid Environments* 230(105430): 1–7.

Nepal, Jaya et al. 2023. "Advances and Prospects of Biochar in Improving Soil Fertility , Biochemical Quality , and Environmental Applications." *Frontiers in Enviromental Science* (February).

Poveda, Jorge. 2021. "*Trichoderma* as Biocontrol Agent against Pests : New Uses for a Mycoparasite." *Biological Control* 159: 104634. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634.

Qin, Shasha et al. 2023. "Biochar Can Partially Substitute Fertilizer for Rice Production in Acid Paddy Field in Southern China." : 1–11.

Sun, Jing et al. 2023. "Biochar Promotes Soil Aggregate Stability and Associated Organic Carbon Sequestration and Regulates Microbial Community Structures in Mollisols from Northeast China." : 261–75.

Sun, Zenghui et al. 2022. "Effects of Biochar on Soil Chemical Properties : A Global Meta-Analysis of Agricultural Soil." 2022(42167039): 272–89.

Syamsiyah, Jauhari et al. 2024. "The Effect of *Trichoderma* on N , P , K Soil and Corn Plants." 29(3): 159–66.

Syamsiyah, Jauhari, Ganjar Herdiansyah, and Sri Hartati. 2023. "Use of *Trichoderma* as an Effort to Increase Growth and Productivity of Maize Plants." *International Conference on Climate Change (8TH-ICCC)* 1165(012020): 1–6.

Tang, Han et al. 2026. "Degradation-Resistant Biochar Improves Soil Organic Carbon Storage : Promoting Autotrophic Metabolism & Increasing Refractory Organic Carbon." *Bioresource Technology*

428(132452): 1–8.

Woo, Sheridan L., Rosa Hermosa, Matteo Lorito, and Enrique Monte. 2022. "*Trichoderma* : A Multipurpose , Plant-Beneficial Microorganism for Eco-Sustainable Agriculture." *Nature Reviews Microbiology* 21.

Yao, Xin et al. 2023. "*Trichoderma* and Its Role in Biological Control of Plant Fungal and Nematode Disease." (May): 1–15.

Zamzam, Syamsiar, Ambo Ala, Rismaneswati Rismaneswati, and Iradhatullah Rahim. 2021. "Germination Speed and Flowing Age of Corn with the Utilization of Organic Materials Fortuned Pleurotus Ostreatus Dry Land." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 886(1).

Zamzam, Syamsiar, Andi Dita Tawakkal Gau Gau, and Iradhatullah Rahim. 2023. "Biochar Diperkaya Pleurotus Ostreatus Guna Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produksi Bawang Merah (Allium Cepa) Di Tanah Lempung Berpasir Biochar." *J. Agroplantae* 12(2): 156–62.

Zamzam, Syamsiar, Abd Rahim, Nurbaya, and Syamsinar. 2024. "Pemanfaatan Biochar Sekam Padi , Tongkol Jagung Dan Cangkang Kelapa Untuk Meningkatkan Produksi Bawang Merah (Allium Cepa)." *Jurnal Galung Tropika* 13(2): 289–95.

Zamzam, Syamsiar, Ade Putra Salim, and Andi Dita Tawakkal Gau. 2023. "Produksi Jagung (Zea Mays) Ton Ha -1 Pada Pemberian Kombinasi Pupuk Kandang Ayam Broiler Dan Biochar Diperkaya Pleurotus Ostreatus." *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari*: 468–74.

Zamzam, Syamsiar, A T G Tawakkal, and Muh Mukhtadir Putra. 2024. "Respon Pertumbuhan Tanaman Bawang Merah (Allium Cepa) Di Lahan Berpasir Dengan Pengaplikasian Biochar Sekam Padi Kaya Pleurotus Ostreatus." *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian Politeknik Pembangunan Pertanian Manokwari* (September): 808–16.

Zhu, Zetao et al. 2025. "The Biological Effects of Biochar on Soil ' s Physical and Chemical Characteristics : A Review."