

PENGGUNAAN BIOCHAR SEBAGAI SOLUSI ALTERNATIF PENGURANGAN PUPUK ANORGANIK PADA BUDIDAYA PADI (*Oryza sativa L.*)

USING BIOCHAR AS AN ALTERNATIVE SOLUTION TO REDUCE INORGANIC FERTILIZERS IN RICE (*Oryza sativa L.*) CULTIVATION

Salawati^{1*}, Sjarifuddin Ende², Ardan³

^{1,3} Program Studi Agroteknologi, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Mujahidin Toli-toli,
Jl. Dr. Samratulangi No. 57 Kelurahan Tuweley, Tolitoli, Sulawesi Tengah, Indonesia

² Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Alkhairaat,
Jl. Diponegoro No. 39, Kota Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia

Korespondensi: wati.stip@yahoo.com

Diterima: 12 November 2025 / Direvisi: 28 November 2025 / Disetujui: 29 Desember 2025

ABSTRAK

Pengurangan ketergantungan pada pupuk anorganik terus diupayakan untuk meminimalkan dampak negatif lingkungan dan biaya produksi usahatani padi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh penggunaan biochar yang dikombinasikan dengan pupuk anorganik persentase penggunaan menurun, terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman padi. Penelitian ini dilaksanakan di Kelurahan Tuweley, Tolitoli, Sulawesi Tengah, pada ketinggian 24 m dpl, berlangsung bulan Maret hingga September tahun 2023 penelitian ini menggunakan biochar dosis 10 t ha^{-1} yang dikombinasikan dengan pupuk urea, SP-36, dan KCl. Dosis yang digunakan merujuk pada rekomendasi pemupukan padi sawah Desa Awung, Kecamatan Galang, Kabupaten Tolitoli, yaitu Urea 250 kg ha^{-1} , SP-36 150 kg ha^{-1} , dan KCL 100 kg ha^{-1} . Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap 6 taraf perlakuan, yang masing-masing diberi tanda: A0 = perlakuan tanpa biochar dan pupuk anorganik, A1 = penggunaan pupuk anorganik 100% tanpa biochar, A2 = biochar + 25% pupuk anorganik, A3 = biochar + 50% pupuk anorganik, A4 = biochar + 75% pupuk anorganik, A5 = biochar + 100% pupuk anorganik. Setiap perlakuan diulang 3 kali, dan masing-masing unit percobaan terdiri dari 5 tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan biochar yang dikombinasikan dengan 50% pupuk anorganik dosis anjuran spesifik lokasi tidak menurunkan pertumbuhan dan hasil tanaman padi secara signifikan berdasarkan analisis ragam dan uji BNJ 5%. Hal tersebut menunjukkan bahwa aplikasi biochar dapat menurunkan penggunaan pupuk anorganik hingga 50% dari dosis anjuran spesifik lokasi.

Kata kunci: Biochar, Pertumbuhan dan hasil, Pupuk anorganik

ABSTRACT

Efforts to reduce dependence on inorganic fertilizers continue to be pursued to minimize negative environmental impacts and the high production costs of rice farming. This study aims to examine the effect of biochar application combined with various doses of inorganic fertilizers

on the growth and yield of rice. The research was conducted in Tuweley Village, Tolitoli, Central Sulawesi, at an altitude of 24 meters above sea level (m a.s.l.), during March to September 2023. This study used a biochar dose of 10 t ha^{-1} combined with urea, SP-36, and KCl fertilizers. The doses used referred to the recommended fertilization for lowland rice in Awung Village, Galang District, Tolitoli Regency, namely Urea 250 kg ha^{-1} , SP-36 150 kg ha^{-1} , and KCl 100 kg ha^{-1} . The study employed a Completely Randomized Design with 6 treatment levels, each labeled as: A0=control treatment (without biochar and inorganic fertilizer) A1=100% inorganic fertilizer without biochar A2=biochar+25% inorganic fertilizer A3=biochar+50% inorganic fertilizer A4=biochar+75% inorganic fertilizer A5=biochar+100% inorganic fertilizer. Each treatment was replicated 3 times, and each experimental unit consisted of 5 plants. The results showed that the use of biochar combined with 50% of the location specific recommended dose of inorganic fertilizer did not significantly reduce growth and yield of rice based on the analysis of variance (ANOVA) and the 5% Honestly Significant Difference (HSD) test. Therefore, the application of biochar can reduce inorganic fertilizer use by up to 50% of the location specific recommended dose.

Keywords: Biochar, Growth and yield, Inorganic fertilizer.

PENDAHULUAN

Sistem pertanian di Indonesia secara umum, dan di Kabupaten Tolitoli secara khusus, sangat bergantung pada pupuk anorganik untuk memenuhi kebutuhan hara esensial seperti Urea, SP-36, dan KCl untuk memacu peningkatan hasil panen secara instan. Namun, ketergantungan ini telah menimbulkan sejumlah dampak negatif yang signifikan, termasuk degradasi lahan dan pencemaran air (Meena *et al.*, 2021), serta eskalasi biaya produksi (Ilham *et al.*, 2022) sebagai konsekuensi dari kenaikan harga pupuk. Di sisi lain, peran pupuk anorganik tetap merupakan sumber hara utama yang tersedia secara instan bagi tanaman. Upaya mitigasi dampak negatif dan pengurangan ketergantungan terhadap pupuk anorganik telah menjadi fokus utama dalam praktik pertanian berkelanjutan. Pendekatan yang menjanjikan adalah mengkombinasikan pupuk anorganik dengan bahan organik. Beberapa penelitian terdahulu (Eka *et al.*, 2024; Murnita & Taher, 2021) telah menunjukkan bahwa kombinasi ini tidak menyebabkan

penurunan hasil padi, bahkan mampu meningkatkan parameter kesuburan tanah seperti C-organik, N total, P, dan K paska panen pada pola tanam tumpangsari (Salawati & Sjarifuddin, 2023), serta memperbaiki kesuburan lahan marginal (Seyifu, *et al.*, 2025).

Salah satu bahan organik yang potensial adalah biochar. Biochar terbukti dapat meningkatkan kadar karbon dan simpanan C-organik tanah (Park *et al.*, 2024; Salawati & Ende, 2023). Lebih lanjut, biochar memiliki kemampuan unik dalam menyerap dan meretensi air (Alghamdi *et al.*, 2020., Anwar *et al.*, 2024), serta memiliki kapasitas memegang air yang tinggi (Agviolita *et al.*, 2021); Sifat ini juga memengaruhi aktivitas fisiologis tanaman, seperti meningkatkan aktivitas nitrat reduktase (Ende *et al.*, 2022) dan menekan aktivitas enzim peroksidase saat terjadi cekaman air (Salawati *et al.*, 2018).

Penelitian-penelitian sebelumnya telah berhasil membuktikan bahwa kombinasi bahan organik, termasuk biochar, dengan pupuk anorganik dapat meningkatkan hasil

pada tanaman padi (Murnita & Taher, 2022., Eka *et al.*, 2024) kacang tanah (Amalia *et al.*, 2021), dan jagung (Anwar *et al.*, 2024), penggunaan bahan organik juga dapat meningkatkan hasil tanaman hortikultura seperti bayam dan pakcoy di lahan bekas tambang (Rosalina *et al.*, 2025) Secara umum, temuan ini menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik adalah strategi yang efektif untuk mempertahankan hasil panen dengan input anorganik yang lebih rendah. Meskipun demikian, sebagian besar studi tersebut berfokus pada budidaya di lahan sawah (lahan basah) dengan sistem irigasi yang memadai. Penelitian mengenai aplikasi biochar pada budidaya padi di lahan kering dengan keterbatasan air (menggunakan media *polybag*) masih sangat terbatas. Keterbatasan ini menjadi celah penelitian yang penting, mengingat laju alih fungsi lahan sawah yang tinggi (Alamsyar 2022., Nurrahma *et al.*, 2024) menuntut pengembangan praktik budidaya padi di lahan sempit dan tanpa irigasi.

Biochar memiliki keistimewaan struktural berupa dominansi senyawa aromatic dengan rantai karbon tertutup yang terbentuk melalui proses pembakaran dengan oksigen terbatas (pirolisis) (Ling *et al.*, 2021) Struktur ini memberikan stabilitas tinggi (rekalsitran) di dalam tanah dan menciptakan luas permukaan spesifik yang besar dengan porositas tinggi (Lehmann & Joseph, 2012) Karakteristik inilah yang memungkinkan biochar berfungsi sebagai penyangga (*buffer*) hara dan air; ia mampu meretensi hara agar tidak mudah hilang melalui pencucian atau penguapan, serta menyediakan ruang bagi aktivitas mikroba menguntungkan. Berdasarkan keunggulan struktur tersebut, penelitian ini menawarkan kontribusi keilmuan dengan

menguji efektivitas biochar yang memiliki sifat aromatik dan rantai karbon tertutup pada budidaya padi di lahan kering (*polybag*). Karakteristik biochar tersebut yang memungkinkannya meretensi hara sehingga tidak mudah hilang melalui pencucian, penguapan, atau terikat dengan unsur lain, diharapkan dapat menjadi solusi alternatif yang teruji untuk mengurangi dosis pupuk anorganik dalam kondisi lingkungan yang rentan seperti lahan kering tanpa irigasi.

Berdasarkan latar belakang, celah, dan kontribusi penelitian di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan biochar yang bersifat aromatik dengan rantai karbon tertutup sebagai solusi alternatif pengurangan pupuk anorganik pada budidaya padi di lahan kering (*polybag*), serta untuk memberikan informasi lebih lanjut mengenai potensi dan manfaat biochar dalam praktik budidaya padi pada lahan sempit tanpa irigasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga September 2023, bertempat di screenhouse milik masyarakat di Kelurahan Tuweley, Kecamatan Baolan, Kabupaten Tolitoli, Provinsi Sulawesi Tengah, pada ketinggian 24 m di atas permukaan laut (dpl) melalui percobaan *polybag*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi varietas Ciherang, pupuk anorganik berupa Urea (46% N), SP-36 (36% P₂O₅), dan KCl (60% K₂O). Polybag ukuran 40x40 cm, biochar sekam padi, pupuk kandang, tanah yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari lahan persawahan masyarakat Desa Awung, Kecamatan Galang, Kabupaten Tolitoli, yang

secara umum termasuk dalam kelompok ordo Inceptisol, yang diambil dari bagian permukaan tanah pada kedalaman 0-20 cm. Kegiatan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) sebagai desain eksperimen faktor tunggal. Perlakuan yang dicobakan adalah biochar dosis 10 t ha^{-1} yang dikombinasikan dengan beberapa level aplikasi pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Rekomendasi pemupukan yang digunakan adalah Urea 250 kg ha^{-1} , SP-36 150 kg ha^{-1} , dan KCl 100 kg ha^{-1} . Perlakuan yang dicobakan diberi label sebagai berikut: A0: Tanpa aplikasi biochar dan pupuk anorganik. A1: 100% pupuk anorganik rekomendasi tanpa biochar A2: Biochar + 25% pupuk anorganik. A3: Biochar + 50% pupuk anorganik. A4: Biochar + 75% pupuk anorganik. A5: Biochar + 100% pupuk anorganik. Setiap perlakuan diterapkan dalam tiga ulangan.

Persiapan Media Tanam dan Biochar

Tanah diambil dari lahan persawahan Desa Awung, Kecamatan Galang, Kabupaten Tolitoli, di tujuh titik pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 0-20 cm dari lapisan permukaan tanah selanjutnya hasil komposit dikeringangkan, lalu diayak dengan ayakan 2 mm. Sekam padi diambil dari penggilingan padi milik masyarakat di Kecamatan Galang, lalu dibuat biochar dengan metode pirolisis sederhana. Tanah kering angin dicampur dengan pupuk kandang ayam menggunakan perbandingan volume 10:1 (v/v). Campuran media ini ditimbang sebanyak 10 kg dan dimasukkan ke dalam polybag berukuran 40x40 cm. Untuk meningkatkan kualitas media dasar, pada perlakuan A2 hingga A5 ditambahkan biochar sekam padi dengan dosis seragam sebesar $50 \text{ g polybag}^{-1}$ (setara dengan 10 t ha^{-1} berdasarkan perhitungan bobot media

tanah $10 \text{ kg per } 2.000.000 \text{ kg tanah ha}^{-1}$). Sementara itu, perlakuan A0 dan A1 hanya menggunakan media dasar tanpa tambahan biochar, lalu diinkubasi selama 2 minggu. Selama proses inkubasi, polybag disiram setiap hari agar kondisi tanah dalam keadaan kapasitas lapang, atau kondisi seperti ada tanaman.

Penanaman dan Aplikasi Pupuk Anorganik

Benih padi ditanam secara langsung dengan cara ditugal sedalam 2 cm. Setiap polybag ditanami 5 benih, lalu ditutup dengan tanah halus. Setelah benih berumur 14 hari setelah tanam (Hst), dilakukan penjarangan populasi. Penjarangan ini dilakukan dengan cara memotong bibit tepat di atas permukaan tanah, hanya menyisakan satu tanaman sehat yang pertumbuhannya seragam dan dirawat hingga panen.

Pupuk Urea (sumber Nitrogen) diberikan secara terpisah dalam dua dosis terbagi. Separuh dari dosis diaplikasikan ketika tanaman berusia 21 Hari Setelah Tanam (Hst), sedangkan sisanya diberikan pada umur 45 Hst. Pupuk Fosfor (SP-36) dan Kalium (KCl) hanya diberikan satu kali, bertepatan dengan aplikasi Urea tahap pertama (yaitu pada 21 Hst). Semua jenis pupuk disebarluaskan dengan teknik penaburan pada larikan yang dibuat mengelilingi tanaman padi. Untuk menjamin akurasi dan konsistensi, penyebaran dilakukan pada jarak sekitar 5 cm dari tanaman dengan kedalaman tanam 3 cm, menggunakan alat ukur atau patron sebagai panduan. Dosis pupuk yang diberikan disesuaikan dengan masing-masing perlakuan. dihitung berdasarkan metode bobot media tanam, Perhitungan diasumsikan berdasarkan berat tanah satu hektar (kedalaman 20 cm) sebesar $2.000.000 \text{ kg}$.

Pemeliharaan Tanaman

Kegiatan pemeliharaan tanaman yaitu penyiraman, pengendalian gulma, hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan setiap hari, memastikan volume air yang diberikan seragam di setiap *polybag* percobaan hingga kondisi tanah mencapai keadaan *macak-macak*, pengendalian gulma dilakukan secara manual segera setelah gulma teridentifikasi tumbuh, yaitu dengan mencabutnya dari *polybag*. Penanggulangan hama dilakukan terhadap hama walang sangit menggunakan pestisida berbahan aktif metomil dengan dosis sesuai anjuran pada kemasan. Untuk pengendalian penyakit, tidak dilakukan karena selama proses penelitian tidak ada gejala serangan penyakit pada tanaman padi yang diuji.

Kegiatan panen dilaksanakan ketika usia tanaman mencapai 125 Hari Setelah Tanam (Hst). Kriteria kematangan yang digunakan untuk menentukan waktu panen adalah 85% bulir padi sudah menunjukkan warna kuning keemasan, 90% daun bendera telah berubah warna menjadi kuning, malai padi tampak merunduk ke bawah, bulir padi terasa keras saat ditekan dan tidak meninggalkan bekas cekungan. Padi dipanen dengan metode pemotongan batang yang dilakukan tepat di atas permukaan tanah. Setiap tanaman yang telah dipanen kemudian dikumpulkan dan dimasukkan ke dalam kantong plastik terpisah untuk mempermudah proses pengamatan dan penghitungan data selanjutnya.

Variabel Pengamatan

Pengamatan lapangan dilakukan dengan mengumpulkan data melalui pengukuran dan penghitungan terhadap parameter pertumbuhan dan hasil. Variabel-variabel yang diukur meliputi aspek vegetatif (tinggi

tanaman, jumlah anakan). Aspek generatif/hasil (panjang malai, jumlah bulir per malai). Aspek biomassa dan hasil akhir (berat 1000 butir padi, dan indeks panen).

Seluruh data yang diperoleh kemudian diolah menggunakan Analisis Varians (ANOVA) untuk menentukan apakah perlakuan yang diuji memberikan pengaruh signifikan. Jika ditemukan pengaruh yang nyata, analisis dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada tingkat kepercayaan 95%, untuk mengidentifikasi perbedaan spesifik antar setiap kelompok perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi biochar dan pupuk anorganik memengaruhi tinggi tanaman padi. Penggunaan kombinasi biochar dan 75% dosis anjuran spesifik lokasi secara nyata meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan dengan penggunaan 100% dan kontrol namun tidak berbeda dengan kombinasi perlakuan lainnya (Tabel 1).

Tinggi tanaman padi mengalami peningkatan hingga batas tertentu pada semua umur pengamatan. Perlakuan aplikasi biochar yang dikombinasikan 75% dosis anjuran pupuk Urea, SP-36, dan KCl, terbukti dapat meningkatkan tinggi tanaman secara signifikan. Hal ini dikarenakan biochar berfungsi sebagai rumah bagi unsur hara (Hui, 2021). Biochar memiliki struktur pori-pori yang luas dan muatan permukaan negatif yang tinggi (Weber and Quicker, 2018), sehingga mampu menjerap kation hara melalui proses pertukaran kation seperti amonium (NH_4^+) dari Urea dan Kalium (K^+) dari KCl, dijerap pada permukaan biochar dan dilepaskan secara perlahan (*slow release*) sesuai kebutuhan tanaman, sehingga

mencegah hara tersebut hilang akibat pencucian.

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman (cm) padi pada perlakuan kombinasi biochar dan pupuk Urea, SP-36, dan KCI

Perlakuan	Ratarata Tinggi Tanaman Padi (cm)			
	15 Hst	30 Hst	45 Hst	60 Hst
Tanpa biochar dan pupuk anorganik	26,22 a	57,77 a	77,77 a	92,22 a
Pupuk anorganik sesuai anjuran	29,44 b	62,88 b	89,22 b	102,33 b
10 t Biochar + 25% Pupuk Anorganik Anjuran	30,77 b	63,55 b	90,55 b	104,33 bc
10 t Biochar + 50% Pupuk Anorganik Anjuran	31,22 bc	63,11 b	91,88 b	106,77 c
10 t Biochar + 75% Pupuk Anorganik Anjuran	33,22 c	71,44 d	95,00 c	109,44 d
10 t Biochar + 100% Pupuk Anorganik Anjuran	31,44 bc	68,44 c	92,44 bc	106,66 c

Keterangan: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5%

Penurunan tinggi tanaman saat menggunakan biochar dengan dosis pupuk anorganik 100% kemungkinan disebabkan oleh beberapa faktor kompleks, seperti ketidakseimbangan hara di zona perakaran. Meskipun biochar umumnya menaikkan pH (Salawati, *et al.*, 2016), dosis berlebihan dan interaksi dengan pupuk anorganik tertentu dapat mengubah pH tanah menjadi lebih tinggi, kenaikan pH dapat memicu presipitasi hara mikro seperti besi (Fe) dan seng (Zn), sehingga ketersediaannya bagi tanaman menurun (Alloway, 2008). Zn merupakan komponen penting dalam sintesis triptofan yang menjadi prekursor hormon auksin untuk pemanjangan batang, sedangkan Fe sangat dibutuhkan dalam pembentukan klorofil. (Marschner, 2012). Terhambatnya serapan kedua unsur mikro ini akibat kehadiran biochar dan konsentrasi pupuk kimia yang tinggi diduga menekan laju pertumbuhan vegetatif tanaman.

Kombinasi biochar dan pupuk anorganik di bawah 75% dosis anjuran menyebabkan tanaman dapat menyerap unsur hara secara bertahap sesuai kebutuhan, yang memicu pertumbuhan optimal. Dosis pupuk

anorganik 75% yang dikombinasikan dengan biochar sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman, tanpa menyebabkan toksitas atau kelebihan nutrisi.

Aplikasi biochar bersama kompos meningkatkan tinggi tanaman padi hingga 27,11% serta jumlah anakan 26,48% dibandingkan dengan kontrol tanpa perlakuan di lahan sawah intensif (Ika *et al.*, 2023). Selanjutnya, Iswahyudi *et al.* (2018) juga melaporkan hasil serupa, bahwa kombinasi aplikasi biochar dan pupuk NPK secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman padi. Dosis biochar di atas 10% (v/v) justru menurunkan tinggi tanaman padi akibat efek alkalisasi yang kuat pada media tanam (Yao *et al.*, 2021). Hasil ini berbeda dengan penelitian Lestari & Aryunis (2022) yang tidak menemukan perbedaan signifikan pada tinggi tanaman padi antara perlakuan biochar hingga dosis 25 t ha⁻¹ dengan kontrol; bahkan, tinggi tanaman kontrol justru lebih tinggi. Hal ini menyoroti pentingnya penyesuaian dosis dan jenis biochar dengan kondisi spesifik lahan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi biochar dengan dosis pupuk anorganik secara nyata memengaruhi jumlah anakan. Perlakuan 75% pupuk anorganik dosis anjuran yang dikombinasikan dengan biochar pada umur 45 dan 60 Hst memperlihatkan jumlah anakan masing masing sebanyak 11,33 dan

12,77 batang. Secara statistik, hasil ini setara (tidak berbeda nyata) dengan perlakuan pupuk anorganik 100% tanpa biochar maupun 100% dengan biochar, namun secara konsisten lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dosis pupuk yang lebih rendah (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata jumlah anakan tanaman padi yang diberi perlakuan biochar dan pupuk Urea, SP-36, dan KCI

Perlakuan	Ratarata Jumlah Anakan (Batang)			
	15 Hst	30 Hst	45 Hst	60 Hst
Tanpa biochar dan pupuk anorganik	1,00 a	4,20 a	6,33 a	7,11 a
Pupuk anorganik sesuai anjuran	2,40 b	7,40 c	10,22 bc	12,66 c
10 t Biochar + 25% Pupuk Anorganik Anjuran	2,80 b	5,40 b	9,55 b	10,66 b
10 t Biochar + 50% Pupuk Anorganik Anjuran	2,60 b	5,80 b	9,77 b	11,22 bc
10 t Biochar + 75% Pupuk Anorganik Anjuran	2,40 b	5,60 b	11,33 c	12,77 c
10 t Biochar + 100% Pupuk Anorganik Anjuran	2,20 b	5,80 b	10,22 bc	11,22 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5 %.

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan pupuk anorganik dosis 100% tanpa biochar memberikan hasil yang tidak berbeda nyata (setara) dengan aplikasi pupuk anorganik dosis 75% yang dikombinasikan dengan biochar pada pengamatan 45 dan 60 Hst. Hal ini mengindikasikan bahwa penambahan biochar mampu mengompensasi pengurangan dosis pupuk anorganik sebesar 25% tanpa menurunkan jumlah anakan tanaman padi. Dengan demikian, kombinasi biochar dan pupuk anorganik 75% (A4) memiliki efektivitas yang sama dengan penggunaan pupuk kimia dosis penuh (A1) dalam mendukung pembentukan anakan.

Kemampuan varietas padi Ciherang dalam membentuk anakan dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh, seperti nutrisi tanaman (Asis *et al.*, 2021). Media tumbuh yang diberi biochar ditambah pupuk Urea, SP-36, KCI 50% dosis

anjuran spesifik lokasi di Desa Awung, Kecamatan Galang, Kabupaten Tolitoli, tidak berbeda signifikan dengan dosis 100% baik saat dikombinasikan maupun secara terpisah. Pengurangan dosis 50% pupuk anorganik tidak mengganggu fungsi fisiologi tanaman selama proses pertumbuhan akibat kekurangan hara N, P, dan K. Hal ini memungkinkan tanaman membentuk anakan lebih banyak.

Sifat-sifat eksklusif biochar, seperti luas permukaan, struktur berpori yang lebih tinggi, dan kapasitas tukar kation yang tinggi (Salawati *et al.*, 2016., Weber & Quicker, 2018) mampu menahan kehilangan nutrisi (Alghamdi *et al.*, 2020, Ling *et al.*, 2021) dan berfungsi sebagai kondisioner yang sangat baik (Anwar *et al.*, 2024) untuk penyerapan nutrisi tanaman, sehingga dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik.

Hasil analisis data penelitian memberikan gambaran bahwa perlakuan

kombinasi pupuk anorganik 75% dosis anjuran dengan biochar secara signifikan memengaruhi panjang malai, gabah isi per-

malai, bobot 1000 butir gabah, dan indeks panen dengan nilai tertinggi, tetapi tidak berpengaruh secara signifikan (Tabel 3).

Tabel 3. Komponen produksi pada perlakuan kombinasi pupuk kandang dan biochar dan pupuk Urea, SP-36, dan KCI

Perlakuan	Panjang Malai (cm)	Jumlah Gabah isi permalai (butir)	Bobot Seribu Butir (g)	Indeks Panen (%)
Tanpa biochar dan pupuk anorganik	20,55 a	92,48 a	26,81 a	32,00 a
Pupuk anorganik sesuai anjuran	22,34 b	123,36 c	27,11 b	40,00 bc
10 t Biochar + 25% Pupuk Anorganik Anjuran	24,88 c	110,77 b	27,22 b	38,00 b
10 t Biochar + 50% Pupuk Anorganik Anjuran	25,44 cd	126,14 cd	27,44 bc	41,00 bc
10 t Biochar + 75% Pupuk Anorganik Anjuran	26,22 d	130,01 d	27,66 c	43,00 c
10 t Biochar +100% Pupuk Anorganik Anjuran	25,36 cd	125,74 cd	27,66 c	42,00 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada uji BNJ 5 %

Panjang malai merupakan salah satu komponen hasil yang penting dalam produksi padi. Malai yang panjang biasanya memiliki jumlah gabah yang lebih banyak, sehingga berpotensi meningkatkan hasil panen. Pengurangan dosis pupuk anorganik 25% tidak memengaruhi panjang malai. Menurut (Lestari & Aryunis., 2022), aplikasi biochar hingga 20 t ha⁻¹ ditambah pupuk anorganik 50% dosis anjuran tidak memengaruhi panjang malai. Kyi *et al.* (2019) juga menyatakan bahwa integrasi pupuk organik dan anorganik dapat menurunkan penggunaan pupuk anorganik hingga 50% tanpa memengaruhi pertumbuhan tanaman padi.

Jumlah gabah isi atau beras per malai pada perlakuan aplikasi biochar dan pengurangan pupuk anorganik sebesar 25% mampu mempertahankan jumlah bulir beras dibandingkan kontrol dan penggunaan dosis anjuran pupuk anorganik 100%. Namun, tidak signifikan dengan penggunaan dosis anjuran 50% dan 100% yang ditambah biochar. Kombinasi pupuk

anorganik dan organik mampu menyediakan unsur hara, khususnya P (Putri *et al.*, 2018.). Biochar dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara makro (Salawati, *et al.*, 2016., Juhari *et al.*, 2021). Pupuk anorganik bersama-sama dengan penggunaan pupuk organik mampu meningkatkan efisiensi serapan hara (Iswahyudi *et al.*, 2018., Widijanto *et al.*, 2023). Pupuk organik yang bersifat lepas lambat (*slow-released*) dimaksudkan untuk melepas hara sesuai dengan kebutuhan tanaman. Penelitian ini sejalan dengan (Lestari & Aryunis., 2022) bahwa penggunaan biochar yang dikombinasikan dengan 50% pupuk anorganik dapat menurunkan malai hampa. Meskipun berat gabah per rumpun tidak diukur secara langsung, efisiensi pemupukan terlihat dari nilai Indeks Panen (IP) yang meningkat signifikan pada perlakuan biochar + 75% pupuk anorganik (43%) dibandingkan kontrol (32%). Indeks Panen yang lebih tinggi menunjukkan bahwa tanaman lebih efektif dalam mendistribusikan hasil

fotosintesis (asimilat) ke organ reproduksi (malai) daripada ke bagian vegetatif (Marschner, 2012). Hal ini membuktikan bahwa sinergi antara biochar dan pupuk anorganik tidak hanya menyediakan hara Makro seperti P (Putri *et al.*, 2018.), tetapi juga mengoptimalkan *sink capacity* tanaman melalui peningkatan jumlah gabah isi dan bobot 1000 butir.

Pemberian biochar bersama pupuk anorganik dapat meningkatkan bobot 1000 butir gabah seiring dengan meningkatnya persentase dosis hingga dosis penuh. Namun, penggunaan biochar yang dikombinasikan dengan 50% dosis anjuran tidak berpengaruh signifikan dengan peningkatan dosis hingga dosis penuh (Tabel 3). Penelitian sebelumnya oleh (Murnita & Taher 2021) juga mengonfirmasi bahwa penggunaan kombinasi 50% dosis NPK dan pupuk organik mampu meningkatkan produksi padi dibandingkan dengan penggunaan 100% dosis pupuk NPK dan 100% pupuk organik yang diaplikasikan secara terpisah. Hal ini disebabkan karena biochar memiliki struktur pori yang tinggi (Agviolita *et al.*, 2021) yang memungkinkannya untuk menahan kehilangan unsur hara akibat pencucian dapat dikurangi, yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Tampak pada perlakuan pengurangan pupuk anorganik 50% tidak berbeda nyata dengan penggunaan dosis 100% pupuk anorganik dosis anjuran.

Biochar juga meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Hui, 2021., Salawati *et al.*, 2016) yang berarti tanah menjadi lebih mampu menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Selain itu, tanah Inceptisol yang umumnya memiliki tingkat agregasi yang belum berkembang sempurna dan tekstur yang cenderung

padat, biochar dapat memperbaiki struktur tanah (Putri *et al.*, 2018), meningkatkan aerasi, dan merangsang aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat bagi tanaman (Alghamdi *et al.*, 2020) yang semuanya berkontribusi pada kesehatan tanaman dan penyerapan unsur hara yang lebih baik. Laporan dari (Eka *et al.*, 2024) menunjukkan bahwa pengurangan dosis pupuk NPK 25% yang dikombinasikan dengan pupuk organik 5 t ha⁻¹ dapat meningkatkan produksi padi dibandingkan dengan hanya menggunakan anorganik tanpa pupuk organik. Hal ini berbeda dengan (Meliawati *et al.*, 2023) yang menyatakan bahwa pemberian biochar justru menurunkan bobot 1000 butir gabah. Perbedaan ini diduga disebabkan oleh perbedaan bahan baku biochar yang digunakan serta dosis pupuk anorganik pendamping, di mana pada penelitian ini, sinergi biochar sekam padi dengan dosis pupuk 75% justru menciptakan keseimbangan hara yang lebih optimal untuk pengisian gabah.

Indeks panen adalah rasio antara berat gabah kering panen dengan total berat kering tanaman di atas permukaan tanah. Indeks ini mengukur efisiensi tanaman padi dalam mengubah energi matahari dan nutrisi menjadi hasil gabah. Semakin tinggi indeks panen, semakin efisien tanaman tersebut dalam menghasilkan gabah dari total biomassa yang dihasilkan. Hasil penelitian (Tabel 3) menunjukkan bahwa penggunaan biochar yang dikombinasikan dengan 75% pupuk anorganik meningkatkan efisiensi tanaman dalam memanfaatkan nutrisi yang diberikan, dengan indeks panen 43%. Namun hasil ini tidak berbeda dengan perlakuan Kombinasi 50 dan 100% Pupuk anorganik serta penggunaan 100% pupuk organik tanpa

dikombinasikan dengan biochar. Biochar berperan sebagai rumah bagi unsur hara, menyimpannya di dalam matriks porinya dan melepaskannya secara perlahan ke tanaman. Hal ini memastikan ketersediaan unsur hara yang stabil bagi tanaman padi sepanjang masa pertumbuhannya. (Eka *et al.*, 2024) menyatakan bahwa pupuk kimia yang dikombinasikan dengan bahan organik meningkatkan hasil tanaman padi lebih tinggi daripada pengaplikasian pupuk organik dan anorganik secara terpisah.

Penggunaan biochar berpotensi mengurangi penggunaan pupuk anorganik hingga 50% (Tabel 3). Biochar dapat meningkatkan efisiensi pemanfaatan pupuk oleh tanaman (Juhari *et al.*, 2021) sehingga memungkinkan pengurangan dosis pupuk tanpa mengurangi hasil panen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar dengan 50% pupuk anorganik dapat menghasilkan hasil panen yang sama dengan penggunaan pupuk anorganik secara penuh. Hal yang sama dihasilkan oleh (Kyi *et al.*, 2019) yang menyatakan bahwa integrasi pupuk organik dan anorganik dapat meningkatkan produksi tanaman padi. Biochar mengandung gugus fungsi bermuatan negatif, seperti gugus karboksil (-COOH) dan fenolik (-OH) (Lehmann & Joseph, 2012) yang dapat mengikat ion positif seperti kalsium, magnesium, dan kalium. Peningkatan jumlah gugus fungsi ini meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan dan menukar kation, sehingga meningkatkan KTK. Dengan meningkatkan KTK dan ketersediaan hara, biochar memastikan bahwa tanaman padi mendapatkan nutrisi yang cukup selama fase pengisian biji. Nutrisi yang cukup sangat penting untuk

perkembangan biji yang optimal, sehingga meningkatkan produksi gabah.

Penggunaan 100% dosis pupuk anorganik tanpa biochar menghasilkan parameter produksi padi yang lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi 50% dosis Urea, SP-36, dan KCl dan 10 t biochar, karena biochar meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk (Widijanto *et al.*, 2023) dan memperbaiki kondisi tanah (Seyifu *et al.*, 2025). Meskipun pupuk NPK menyediakan unsur hara esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tanpa adanya biochar, banyak dari unsur hara tersebut hilang karena pencucian (*leaching*) atau penguapan (*volatilization*), terutama N, sehingga tidak efisien. Penggunaan biochar dapat menurunkan penggunaan pupuk anorganik hingga 50% tanpa menurunkan hasil.

SIMPULAN

1. Kombinasi biochar dengan 75% dosis pupuk anorganik memberikan performa agronomis yang lebih baik pada parameter tinggi tanaman dan jumlah anakan, serta menghasilkan Indeks Panen optimal sebesar 43%, atau meningkat sebesar 34,37% dibandingkan dengan perlakuan kontrol.
2. Penggunaan 10 t ha^{-1} biochar yang diintegrasikan dengan 50% dosis pupuk anorganik mampu mempertahankan komponen hasil yang setara dengan dosis pupuk anorganik penuh. Hal ini menunjukkan bahwa peran biochar dapat meminimalisir ketergantungan pada pupuk kimia hingga 50% untuk mencapai hasil yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agviolita P., Yushardi Y, & Firdha KAA. (2021). Pengaruh Perbedaan Biochar Terhadap Kemampuan Menjaga Retensi Pada Tanah. *Jurnal Fisika Unand* 10(2):267–73. DOI: <https://doi.org/10.25077/jfu.10.2.267-273.2021>.
- Alamsyar, Al. (2022). Impact Transfer of Rice Land Function on Food Security in Sigi Regency. *Agrotekbis* 10(1):176–85.
- Alghamdi., Abdulaziz G., Arafat A, & Hesham MI. (2020). Effect of Biochar Particle Size on Water Retention and Availability in a Sandy Loam Soil. *Journal of Saudi Chemical Society* 24(12):1042–50. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jscs.2020.1.003>.
- Alloway, B.J. (2008). *Zinc in soil and crop nutrition*. International Zinc Assosiation IZA and IFA. Brussels. Belgium and Paris France.
- Amalia L., Nunung S., Nana S., Reni Nur., Agus SM., & Nendah SP. (2021). Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea* L.) Akibat Pemberian Pupuk Organik Cair dan Jarak Tanam. *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian* 9(2): 110-118. DOI: <http://dx.doi.org/10.35138/paspalum.v9i2.284>.
- Anwar, AHM., TB Prasetyo, & Yulnafatmawita. (2024). Peranan Biochar Dan Kompos Dalam Meningkatkan Retensi Air dan Produksi Jagung Manis (*Zea Mays* L.). Var. Saccharata) Pada Tanah Bertekstur Kasar. *Jurnal Agrikultura* 35(2) 238–249. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i2.53995>.
- Asis., Rizki A., & Rachman J. (2021). Respon Pertumbuhan Dan Produktivitas Dua Varietas Padi (*Oryza sativa* L.) Pada Sistem Tanam Mekanis dan Manual. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)* 49(2):147–53. DOI: <https://doi.org/10.24831/jai.v49i2.35918>.
- Basir M., Indrianto K., Abdul RT, & Salawati. (2018). The Effect of Zn-Enriched Biochar on Peroxide Enzyme Activity, Auxin Content, Chlorophyll Count and Zn of Rice in Different Flooding Systems. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology* 19(6):196–204. <https://ikprress.org/index.php/PCBMB/article/view/1333>.
- Eka P., Rizky MLR., Syahrul K., & Reni U. (2024). Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah Serta Produksi Padi Pada Lahan Kering Yang Disawahkan. *Jurnal Agrikultura* 35(1):136–50. DOI: <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.53686>.
- Ende S., Salawati., Indrianto K., Fathurrahman., Saiful D., & Lukman. (2022). Aktivitas Nitrat Reduktase (ANR) Tanaman Jagung Pada Pola Tumpangsari Yang Diberi Serasah Jagung-Kedelai Serta Biochar Di Lahan Suboptimal Sidondo Sulawesi

- Tengah. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia* 27(4):528–35. DOI: <https://doi.org/10.18343/jipi.27.4.544>. <https://doi.org/10.26418/jspe.v10i3.47320>.
- Hui, Dafeng. (2021). Effects of Biochar Application on Soil Properties, Plant Biomass Production, and Soil Greenhouse Gas Emissions: A Mini-Review. *Agricultural Sciences* 12(03):2013–2236.
- Ika APS., Badrul AD., & Yusmaidar S. (2023). Identifikasi Sifat Kimia Beberapa Konsentrasi Ekstrak Kompos Limbah Sayur dan Pengaruhnya Dalam Meningkatkan Ketersediaan Hara Di Tanah Pekarangan. *Jurnal Galung Tropika* 12(2):230–40. doi:10.31850/jgt.v12i2.1118.
- Ilham M., Nurhaya K., Ishak M., & Andi NA. (2022). Perbandingan Nilai Ekonomi, Usaha Tani Padi Organik Dan Anorganik Di Desa Galeso Kecamatan Wonomulyo Kabupaten Polewali Mandar. *Jurnal Agroterpadu*. 1(2): 138-142. DOI: [10.35329/ja.v1i2.3450](https://doi.org/10.35329/ja.v1i2.3450)
- Iswahyudi., Iwan S., & Irwandi. (2018). Pengaruh Pemberian Pupuk NPK Dan Biochar Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa*, L.). *Agrosamudra, Jurnal Penelitian* 5(1):14–23.
- Juhari., Sulakhudin, & Urai ES. (2021). Pengaruh Perlakuan Pupuk Kandang Sapi Dan Biochar Terhadap Ketersediaan Hara Makro dan Pertumbuhan Jagung Manis Pada Tanah Pasca PETI. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 10(3): 1–16. DOI:
- Kyi Moe., Seinn MM., Aung ZH, & Yoshinori K. (2019). Effects of Integrated Organic and Inorganic Fertilizers on Yield and Growth Parameters of Rice Varieties. *Rice Science* 26(5):309-318.
- Lehmann J and Joseph S. (2012). *Biochar for Environmental Management*. 1st ed. edited by Johannes Lehmann and Stephen Joseph. London: Routledge.
- Lestari, Wahyuni, & Akmal A. (2022). *Pemberian Biochar Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi (Oryza Sativa L.) Sawah Irigasi Teknis. Agroecotenia*. 5(1): 13-26. DOI: <https://doi.org/10.22437/agroecotania.v5i1.22824>.
- Ling L., Yong-Jiang Z., Abigail N., Yingchao Y., & Jinwu W. (2021). Role of Biochar in Improving Sandy Soil Water Retention and Resilience to Drought. *Water* 13(4): 407
- Marschner, P. (2012). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3rd Edition, Academic Press, Cambridge.
- Meena VS., Parewa HP., Jeevan B., Meena SK, & Meena HN. (2021). Liquid Biofertilizer: A Potential Tool towards Sustainable Agriculture. Pp. 401 in *Soil Science: Fundamentals to Recent Advances*. Springer, Singapore.
- Meliawati S., Sutanro, & Susilo B. (2023). Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Padi Varietas Ciherang (*Oryza sativa* L.) Akibat Pemberian Pembenah Tanah Pada Tiga Jenis Tanah. *Agroeco*

- Science Journal* 2(2):10–17. DOI: <https://doi.org/10.14710/aesj.v2i2.18210>.
- Murnita, & Taher YA. (2021). Dampak Pupuk Organik dan Anorganik Terhadap Perubahan Sifat Kimia Tanah dan Produksi Tanaman Padi (*Oryza Sativa L.*). *MENARA Ilmu XV*(02):67–76.
- Nurrahma., Alifia F., Darsono D, & Umi B. (2024). Analisis Faktor- Faktor Yang Memengaruhi Alih Fungsi Lahan Sawah Ke Non Sawah Di Kabupaten Klaten. *Jurnal Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis* 8(1):192. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2024.008.01.15>.
- Park, Do Gyun, Hye Won Kim, Hyoung Seok Lee, Min Ji Lee, Hye Ran Park, Taek Keun Oh, and Sun Il Lee. (2024). Evaluation of the Impact of Continuous Use of Rice Hull Biochar on Greenhouse Gas Emissions and Net Ecosystem Carbon Balance in Kimchi Cabbage Cultivation. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 43:117–27. doi:10.5338/KJEA.2024.43.12.
- Putri IN., Sudono S., & Ania C. (2018). Kontribusi Kompos Jerami-Biochar Dalam Peningkatan P-Tersedia, Jumlah Populasi BPF Dan Hasil Padi Sawah. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi* 14(1): 47–58. DOI: <https://doi.org/10.17146/jair.2018.14.1.4155>.
- Rosalina F., Riskawati R., Zulkarnain S., Sulaiman L., & Kharisma DSW. (2025). Strategi Perbaikan Tanah Untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Hortikultura Di Kawasan Penambangan Pasir Yang Terdegradasi. *Jurnal AGRO* 11(2):74–86. doi:10.15575/38086.
- Salawati., Muhammad B., Indrianto K., Abd. RT. (2016). Potensi Biochar Sekam Padi Terhadap Perubahan pH, KTK, C Organik dan P Tersedia Pada Tanah Sawah Inceptisol. *Agroland* 23(2):101–109.
- Salawati & Sjarifuddin E. (2023). Pengelolaan Residu Jagung-Kedelai Pada Pola Tumpangsari Terhadap Simpanan C-Organik dan Beberapa Sifat Kimia Tanah. *Jurnal Agrotek Tropika* 9(1):162-173 DOI: <https://doi.org/10.23960/jat.v12i1.6741>.
- Seyifu S., Mohammed W., & Abegaz B. (2025). Co-Application of Compost and Biochar Improves Soil Properties and Desho Grass Growth on Acidic Soils in a Tropical Environment of Southwestern Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*. 10(1): 10(1):1–18. <https://doi.org/10.1080/23311932.2023.2290338>.
- Weber, K., & P. Quicker. (2018). “Properties of Biochar.” *Fuel*. 217:240–261. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.054>
- Widijanto H., Siti RNS., Suntoro S., & Jauhari S. (2023). Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Macam Pupuk Terhadap Pertumbuhan dan Serapan P Padi. *Agrotechnology Research Journal* 7(2):85–92. DOI: <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v7i2.77295>.

Yao T., Wentiao Z., Anwari G., Yuefeng C., Yiming Z., Wenan W., Xin W., Qingtian L., & Feng J. (2021). Effects of Peanut Shell Biochar on Soil Nutrients, Soil Enzyme Activity, and

Rice Yield in Heavily Saline-Sodic Paddy Field. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 21(1):655–64.
doi:10.1007/s42729-020-00390-z.