

Effect of Biochar and Various Organic Fertilizer Combinations on Growth, Yield of Mustard Green (*Brassica juncea* L.), and Soil Chemical Properties of Inceptisol

Pipi Alfitriani¹, Mulyati^{1*}, Dori Kusuma Jaya¹

¹Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Mataram, Indonesia

Article History

Received : July 16th, 2025

Revised : August 17th, 2025

Accepted : September 25th, 2025

*Corresponding Author:

Mulyati,

Program Studi Ilmu Tanah
Fakultas Pertanian Universitas
Mataram, Mataram, Indonesia;
Email: yatimulyati@unram.ac.id

Abstract: Mustard green (*Brassica juncea* L.) is one of the important leafy vegetables cultivated in tropical regions, yet its productivity is often constrained by the low fertility of Inceptisol soils. The application of organic amendments such as biochar and various animal manures has been widely reported to improve soil fertility and plant performance. Therefore, this study aimed to evaluate the effect of biochar combined with different types and dosages of organic fertilizers on the growth, yield of mustard green (*Brassica juncea* L.), and the chemical properties of Inceptisol soil. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with seven treatments and three replications, resulting in 21 pots. The results showed that K4 (biochar 10 t ha⁻¹ + swallow manure 20 t ha⁻¹ + NPK 150 kg ha⁻¹) achieved the best growth and yield of mustard green by significantly increasing plant height, number of leaves, leaf area, fresh and dry biomass, as well as improving soil chemical properties such as pH, organic C, total N, available P, and available K. In conclusion, combination of biochar and organic fertilizers, especially with swallow manure, proved effective to enhance the soil fertility of Inceptisol for supporting growth and yield of mustard green. Based on the results, further research should be conducted using different dosages of swallow manure to obtain the optimal growth of mustard green or other vegetables in relation to reducing the use of inorganic fertilizers.

Keywords: Biochar, Inceptisol, Mustard green, Organic fertilizer, Soil fertility.

Pendahuluan

Sawi hijau (*Brassica juncea* L.) merupakan produk hortikultura penting yang dikonsumsi oleh sebagian besar masyarakat karena nilai gizinya yang tinggi. Tanaman ini mengandung vitamin, mineral, protein, serat, dan energi yang bermanfaat bagi kesehatan. Meskipun berasal dari daerah subtropis, sawi hijau telah mampu beradaptasi dan dibudidayakan secara luas di daerah tropis, termasuk Indonesia, melalui perkembangan teknologi dan pemuliaan varietas (Rahalus *et al.*, 2018). Media tanam yang gembur, kaya organik, dan memiliki drainase yang memadai diperlukan untuk pertumbuhan sawi hijau yang optimal. Meskipun demikian, tanaman ini sering ditanam di tanah Inceptisol di sejumlah

lokasi tropis. Tanah muda dengan tingkat kesuburan rendah, pH asam, rendah karbon organik, dan rendah unsur hara makro (N, P, dan K) disebut sebagai inceptisol (Siswanto & Widowati, 2018). Penggunaan tanah Inceptisol secara intensif tanpa perbaikan kesuburan berpotensi mempercepat degradasi lahan, menurunkan produktivitas, dan mengurangi keberlanjutan sistem pertanian. Upaya peningkatan produktivitas tanah Inceptisol dapat dilakukan melalui pemberian amelioran berupa bahan organik. Sebagai pengkondisi tanah, biochar sekam padi meningkatkan struktur tanah, menaikkan kandungan karbon organik, dan meningkatkan kapasitas retensi udara (Wibowo *et al.*, 2016). Aktivitas mikroba, karbon organik, dan agregasi tanah dapat ditingkatkan dengan kotoran kambing

(Sari *et al.*, 2024). Pupuk kandang walet berperan sebagai sumber nitrogen, fosfor, kalium, dan unsur mikro, sekaligus membantu menyeimbangkan pH tanah (Juliani & Qurrohman, 2023). Kompos cacing, yang dibuat saat cacing tanah membusuk, kaya akan zat gizi makro dan mikro serta mengandung zat pengatur tumbuh untuk mendorong pertumbuhan tanaman (Mashur, 2001).

Permasalahan yang muncul adalah bagaimana memanfaatkan kombinasi biochar dengan berbagai jenis pupuk organik untuk memperbaiki kesuburan tanah Inceptisol sekaligus meningkatkan pertumbuhan dan hasil sawi hijau. Penelitian sebelumnya umumnya hanya menguji satu jenis bahan organik, sementara kajian yang mengintegrasikan biochar dengan pupuk kambing, walet, dan kascing dalam satu rancangan percobaan masih terbatas. Selain itu, belum banyak penelitian yang menilai dampaknya terhadap status hara N, P, dan K tanah secara bersamaan. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai kombinasi biochar sekam padi dan pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil sawi hijau (*Brassica juncea L.*) serta status hara N, P, K tanah Inceptisol. Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan kombinasi biochar dengan beberapa jenis pupuk organik dalam dosis berbeda yang diuji secara bersamaan, sehingga hasilnya diharapkan dapat memberikan rekomendasi strategi pemupukan yang efektif, ramah lingkungan, dan

berkelanjutan untuk pengelolaan tanah Inceptisol.

Bahan dan Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan percobaan di rumah kaca

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian berlangsung di bulan Maret sampai Juni 2025 yang bertempat di Rumah Kaca, Fakultas pertanian, Universitas Mataram. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Unit Pelaksana Teknis Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Nusa Tenggara Barat.

Alat dan Bahan Penelitian

Alat penelitian ini adalah ayakan 0,5 mm dan 2 mm, cangkul, sekop, karung, polybag, timbangan, cepang, kertas label dan trai. Sedangkan Bahannya adalah air, benih tanaman sawi hijau (*Brassica juncea L.*) varietas Shinta, biochar sekam padi, pupuk kandang walet, pupuk kandang kambing, pupuk kascing, pupuk NPK, tanah Inceptisol Unram farming, Kecamatan Narmada, Kabupaten Lombok Barat, dan bahan untuk analisis di laboratorium.

Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 7 kombinasi perlakuan dan masing-masing kombinasi perlakuan diulangi 3 kali sehingga didapatkan 21 pot percobaan. Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan

Kombinasi	
K0:	Kontrol (Tanah 5 kg) tanpa biochar, pupuk kandang kambing, pupuk kandang walet pupuk kascing dan NPK
K1:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kascing 10 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha
K2:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kascing 20 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha
K3:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kandang walet 10 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha
K4:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kandang walet 20 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha
K5:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kandang kambing 10 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha
K6:	Tanah 5 kg + Biochar sekam padi (10 ton/ha) + Pupuk Kandang kambing 20 ton/ha + Pupuk NPK 150 kg/ha

Pelaksanaan Penelitian

Pengambilan dan penyiapan tanah

Tanah penelitian diambil dari Unram Farming (Narmada, Lombok Barat), kemudian dikeringanginkan, diayak, dicampur dengan biochar dan pupuk organik sesuai perlakuan, serta diinkubasi selama 7 hari.

Penyemaian benih

Benih sawi hijau varietas Shinta direndam selama 3 jam, disemai pada tray dengan media campuran tanah dan pupuk kambing (1:1), lalu dipelihara hingga berumur 16 hari setelah semai.

Penanaman

Bibit sawi yang sehat dipindahkan ke polybag sebanyak tiga tanaman, kemudian disisakan dua tanaman sehat dan seragam pada tiap polybag.

Pemeliharaan

Pemeliharaan dengan cara penyiraman dua kali sehari, penyiangan gulma secara manual, penyulaman terhadap tanaman yang mati, dan pengendalian hama secara manual.

Panen

Tanaman sawi dipanen pada umur 25 HST dengan cara mencabut seluruh tanaman dan membersihkan akarnya.

Parameter pengamatan

Parameter pengamatan meliputi parameter tanah, pupuk organik dan tanaman.

Parameter tanah

Parameter tanah meliputi pH Tanah (Metode Elektrometrik), Karbon Organik

(Metode Walkley & Black), Nitrogen Total (Metode Kjeldahl), Fosfor Tersedia (Metode Olsen) dan Kalium Tersedia (Metode Ekstrak Morgan-Wolf)

Parameter pupuk organik

Parameter pupuk organik meliputi pH, C-organik, N-total, P-tersedia, K-tersedia, dan rasio C/N.

Parameter tanaman

Parameter tanaman meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar, dan bobot kering.

Analisis data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%, dan apabila terdapat perbedaan nyata dilanjutkan dengan uji BNJ pada taraf yang sama.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Tanah Awal Biochar Sekam Padi dan Pupuk Organik

Tanah pada penelitian ini memiliki pH 6,09 tergolong sedikit masam, C-organik 1,1 (%) yang tergolong rendah, N-tota 0,5 (%) tergolong rendah, P-tersedia 15,12 (ppm) tergolong sedang, K-tersedia 11,26 (ppm) tergolong rendah dan C/N Rasio 7,3. Analisis biochar sekam padi, pupuk kandang kambing, pupuk kandang walet dan pupuk kascing telah dilakukan untuk mengetahui karakteristik sifat kimia dari masing-masing material. Hasil analisis pupuk organik tersebut secara lengkap disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Biochar sekam padi dan berbagai pupuk organik yang digunakan

Hasil analisis	pH	C-Organik (%)	N-Total (%)	P-Tersedia (ppm)	K-Tersedia (me 100 g tanah ⁻¹)	C/N Rasio
Pupuk kandang kambing	7,05 N	12,86 ST	2,06 ST	1,26 SR	1,98ST	10,61
Pupuk kandang walet	6,97 N	13,66 ST	2,85 ST	3,70 SR	2,01 ST	9,36
Pupuk kascing	6,68 N	12,68 ST	1,15 ST	1,67 SR	1,70 ST	18,85
Biochar sekam padi	7,54 N	14,04 ST	0,42 S	0,48 SR	0,61 T	57,19

Keterangan: (Mulyati, 2025); ST= Sangat tinggi; T = Tinggi; S = Sedang; R= Rendah; SR = Sangat rendah; N = Netral.

Tanah Awal

Tanah Inceptisol yang digunakan

memiliki kadar N total 0,15% dan kadar C organik hanya 1,1%, yang menunjukkan

kesuburan kimia yang rendah. Meskipun P tersedia sedang (15,12 ppm), ketersediaan K juga rendah (11,26 ppm). Kondisi ini menunjukkan kekurangan unsur hara makro, terutama nitrogen, yang esensial bagi pertumbuhan vegetatif tanaman. Karena bahan organik merupakan sumber utama nitrogen dalam tanah, rendahnya C organik berkaitan erat dengan rendahnya N total (Patty, 2013). Nilai pH tanah awal 6,09 tergolong sedikit masam, tetapi masih dalam kisaran optimum bagi pertumbuhan sawi hijau yaitu 6–7 (Mulyati, 2022). Oleh karena itu, untuk memperbaiki kesuburan diperlukan tambahan bahan organik melalui aplikasi pupuk organik dan biochar.

Pupuk Kandang Kambing

Pupuk kandang kambing memiliki pH netral (7,05) dengan kandungan C-organik 12,86% dan N-total 2,06% yang tergolong sangat tinggi. Nilai rasio C/N sebesar 10,61 (<20) menunjukkan bahwa pupuk sudah matang sehingga unsur hara N, P, K, Ca, Mg, dan S tersedia lebih cepat untuk tanaman (Sari *et al.*, 2024). Namun, kandungan P-tersedia sangat rendah (1,26 ppm). Kombinasi ini membuat pupuk kambing berperan lebih pada penyediaan bahan organik dan nitrogen, serta memperbaiki sifat kimia tanah dalam jangka menengah.

Pupuk Kandang Walet

Pupuk walet menunjukkan kualitas kimia terbaik dengan pH netral (6,97), kadar C-organik 13,66%, dan N-total 2,85% yang tergolong sangat tinggi. Kandungan P-tersedia (3,70 ppm) lebih tinggi dibandingkan pupuk kambing dan kascing, serta K-tersedia juga sangat tinggi (2,01 me 100 g tanah⁻¹). Dekomposisi yang cepat ditunjukkan oleh rasio C/N yang rendah (9,36), yang meningkatkan ketersediaan nutrisi, terutama nitrogen, bagi tanaman (Kesumawati *et al.*, 2024). Hal ini menjelaskan mengapa sawi hijau tumbuh dan berproduksi lebih banyak ketika diberi pupuk walet.

Pupuk Kascing

Pupuk kascing memiliki pH netral (6,68), C-organik sangat tinggi (12,68%), dan N-total 1,15% yang tergolong tinggi, meskipun lebih rendah dari pupuk walet dan kambing.

Kandungan P-tersedia 1,67 ppm tergolong rendah, sedangkan K-tersedia sangat tinggi (1,70 me 100 g tanah⁻¹). Rasio C/N kascing relatif tinggi (18,85), sehingga dekomposisi lebih lambat dan pelepasan hara berlangsung bertahap. Selain itu, Salah satu manfaat vermikompos adalah mengandung mikroorganisme bermanfaat yang dapat meningkatkan aktivitas biologis dan memperbaiki struktur tanah (Arifin *et al.*, 2016). Oleh karena itu, vermikompos merupakan alat yang lebih bermanfaat untuk memperbaiki tanah secara berkelanjutan.

Biochar Sekam Padi

Biochar sekam padi memiliki sifat sedikit basa (pH 7,54) dengan kandungan C-organik sangat tinggi (14,04%). Rasio C/N yang sangat tinggi (57,19) menunjukkan biochar bukan sumber utama nitrogen karena N-total hanya 0,42%. Demikian juga P-tersedia (0,48 ppm) dan K-tersedia (0,61 me 100 g tanah⁻¹) yang tergolong rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan utama biochar adalah sebagai amandemen tanah, alih-alih sebagai sumber nutrisi langsung. Melalui penyerapan, biochar meningkatkan retensi air dan ketersediaan nutrisi, mendukung aktivitas mikroba tanah jangka panjang, dan memperbaiki struktur tanah (Sari *et al.*, 2024).

Pengaruh Pemberian Biochar Sekam Padi dan Berbagai Kombinasi Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Sawi Hijau

Tinggi tanaman sawi hijau

Tabel 3 menampilkan hasil analisis varians tentang dampak berbagai kombinasi pupuk organik dan biochar sekam padi terhadap tinggi sawi 7 hingga 25 hari setelah tanam. Tinggi sawi hijau berubah secara signifikan akibat berbagai perlakuan bahan tanam 7–25 hari pasca tanam. Kombinasi 10 ton/ha biochar sekam padi, 20 ton/ha pupuk kandang sarang burung walet, dan 150 kg/ha pupuk NPK (K4) menghasilkan hasil terbaik, dengan tinggi tanaman rata-rata 36,52 cm. Di sisi lain, perlakuan kontrol (K0) secara konsisten menghasilkan pertumbuhan terendah selama periode pengamatan, hanya mencapai 31,28 cm.

Tabel 3. Rerata tinggi tanaman sawi hijau akibat pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik pada umur 7 sampai 25 HST

Perlakuan	Tinggi (cm)			
	7 HST	14 HST	21 HST	25 HST
K0	10,45 ^e	18,56 ^e	27,76 ^e	31,28 ^c
K1	13,65 ^d	21,75 ^d	31,05 ^d	34,18 ^b
K2	14,35 ^{bc}	22,65 ^{bc}	32,05 ^{bc}	35,12 ^{ab}
K3	14,77 ^b	22,97 ^b	32,27 ^b	35,58 ^{ab}
K4	15,97 ^a	24,47 ^a	33,97 ^a	36,52 ^a
K5	13,98 ^{cd}	22,10 ^{cd}	31,40 ^{cd}	34,72 ^b
K6	15,02 ^b	23,32 ^b	32,72 ^b	35,62 ^{ab}
BNJ 5%	0,70	0,69	0,69	1,49

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dan pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Temuan ini menunjukkan bahwa perkembangan sawi hijau jauh lebih baik ketika pupuk kandang sarang burung walet, biochar, dan NPK dikombinasikan. Karena kandungan hara makronya yang tinggi, terutama nitrogen, yang penting untuk mendorong pertumbuhan tanaman selama fase vegetatif, pupuk kandang sarang burung walet membantu meningkatkan kesuburan tanah. Tinggi tanaman dipengaruhi secara positif oleh ketersediaan nitrogen, fosfor, dan kalium karena unsur-unsur ini bekerja sama untuk mendukung fotosintesis, pembentukan jaringan, dan perkembangan batang (Syofiani dan Giska, 2017; Dikdik, 2014).

Biochar sekam padi berfungsi sebagai pembenah tanah yang dapat memperbaiki aerasi, meningkatkan retensi air, serta membantu mempertahankan unsur hara agar lebih tersedia bagi tanaman. Selain itu, peningkatan jumlah bahan organik dalam tanah menggunakan pupuk organik meningkatkan aktivitas mikroba dan struktur tanah, yang keduanya mengoptimalkan penyerapan hara (Lingga dan Marsono, 2003; Winarso, 2005). Namun, tinggi tanaman yang rendah pada perlakuan kontrol (K0) menunjukkan bahwa media tanam tidak

menyediakan cukup hara bagi sawi untuk tumbuh optimal tanpa penambahan biochar dan pupuk organik. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian biochar dan pupuk organik merupakan strategi yang signifikan untuk memperbaiki kondisi tanah Inceptisol yang miskin hara dan mendorong perkembangan tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan tanah yang tidak diberi perlakuan.

Jumlah daun tanaman sawi hijau

Hasil analisis varians pengaruh berbagai kombinasi biochar sekam padi dan pupuk organik terhadap jumlah daun sawi umur 7 HST hingga 25 HST ditunjukkan pada Tabel 4. Data analisis varians menunjukkan bahwa pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap jumlah daun sawi umur 7, 14, 21, dan 25 HST. Berbeda dengan perlakuan kontrol (K0) yang hanya menghasilkan 8,50 daun, perlakuan optimal yang terdiri dari 10 ton/ha biochar sekam padi, 20 ton/ha pupuk kandang sarang burung walet, dan 150 kg/ha pupuk NPK (K4) menghasilkan rata-rata 13,67 daun.

Tabel 4. Rerata jumlah daun tanaman sawi hijau akibat pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik pada umur 7 sampai 25 HST

Perlakuan	Jumlah daun (helai)			
	7 HST	14 HST	21 HST	25 HST
K0	4,50 ^b	5,50 ^b	7,50 ^b	8,50 ^b
K1	6,17 ^a	8,33 ^a	11,33 ^a	12,33 ^a
K2	6,50 ^a	8,50 ^a	11,50 ^a	12,50 ^a
K3	6,50 ^a	8,67 ^a	11,67 ^a	12,67 ^a
K4	6,83 ^a	8,83 ^a	13,00 ^a	13,67 ^a

K5	6,33 ^a	8,33 ^a	11,33 ^a	12,33 ^a
K6	6,67 ^a	8,67 ^a	12,00 ^a	13,00 ^a
BNJ 5%	0,96	1,36	1,83	1,69

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dan pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan pertumbuhan vegetatif sawi hijau memerlukan penggunaan pupuk kandang sarang burung. Karena konsentrasi nitrogen yang tinggi, yang mendorong pembelahan dan pembesaran sel, daun muda tumbuh lebih cepat dan mencapai ukuran serta bentuk yang tepat. Fosfor juga berkontribusi pada pertumbuhan protein dan akar, yang meningkatkan jumlah energi yang tersedia untuk pembentukan daun. Penelitian Lingga dan Marsono (2013) menggaris bawahi bahwa nitrogen berkontribusi pada pembentukan daun hijau, yang diperlukan untuk fotosintesis, sementara Lakitan (2007) menyoroti bahwa jumlah dan bentuk daun tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan N dan P.

Selain itu, kandungan kalium dalam pupuk kandang walet memudahkan produk fotosintesis berpindah dari daun ke seluruh organ tanaman, sehingga memungkinkan pertumbuhan daun yang lebih cepat dan lebih banyak. Pemberian pupuk kandang walet meningkatkan jumlah sawi dengan meningkatkan ketersediaan hara dan aktivitas klorofil (Dunggio dan Sudiarta, 2022), yang mendukung temuan ini. Peran biochar sekam padi juga tidak dapat diabaikan. Biochar berfungsi sebagai pembenah tanah yang memperbaiki struktur, meningkatkan kapasitas tukar kation, serta mempertahankan kelembaban tanah. Dengan kondisi ini, akar tanaman mampu

menyerap nutrisi secara lebih efisien. Biochar mendukung pertumbuhan mikroba tanah yang terlibat dalam dekomposisi bahan organik dan siklus hara, serta berkontribusi dalam peningkatan retensi air yang mendukung proses fisiologis pembentukan daun (Panataria *et al.*, 2020).

Sebaliknya, perlakuan kontrol (K0) menunjukkan jumlah daun paling sedikit karena tanah tanpa tambahan bahan organik dan biochar tidak mampu menyediakan hara yang cukup. Kekurangan nitrogen menghambat pembentukan klorofil, sehingga proses fotosintesis terhambat dan berdampak pada minimnya pembentukan daun. Kondisi ini sesuai dengan pernyataan Heriyanto (2022) bahwa tanah miskin bahan organik memiliki daya dukung rendah terhadap pertumbuhan tanaman akibat terbatasnya aktivitas mikroba serta buruknya struktur tanah.

Luas daun tanaman sawi hijau

Berdasarkan Tabel 5, pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman sawi hijau pada umur 7 hingga 25 HST. Perlakuan kombinasi biochar dengan pupuk kandang walet 20 ton/ha (K4) menghasilkan luas daun tertinggi secara konsisten hingga 25 HST, sedangkan perlakuan kontrol (K0) menunjukkan luas daun terendah.

Tabel 5. Rerata luas daun tanaman sawi hijau akibat pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik pada umur 7 sampai 25 HST

Perlakuan	Luas daun (cm ²)			
	7 HST	14 HST	21 HST	25 HST
K0	8,61 ^c	25,48 ^c	44,03 ^c	57,98 ^c
K1	15,56 ^d	45,89 ^d	74,33 ^d	93,43 ^d
K2	26,54 ^{bc}	68,72 ^{bc}	104,48 ^{bc}	128,16 ^c
K3	27,20 ^{bc}	70,06 ^{bc}	109,66 ^{bc}	130,24 ^{bc}
K4	45,00 ^a	105,00 ^a	150,00 ^a	180,00 ^a
K5	22,09 ^c	59,61 ^c	92,42 ^c	114,39 ^c
K6	30,67 ^b	77,07 ^b	115,05 ^b	140,32 ^b
BNJ 5%	6,13	11,95	14,58	16,59

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dan pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Luas daun berkorelasi erat dengan kemampuan tanaman untuk berfotosintesis, hal ini menjadi metrik penting pertumbuhan vegetatif. Temuan penelitian menunjukkan bahwa, dibandingkan dengan perlakuan lain, perlakuan K4 meningkatkan luas daun secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh kandungan makronutrien yang cukup lengkap, terutama nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang berperan langsung dalam pembentukan jaringan vegetatif tanaman, dalam kotoran sarang burung walet (Suwahyono, 2011). Produksi klorofil, yang mendorong fotosintesis dan pertumbuhan luas daun, bergantung pada nitrogen. Pertumbuhan vegetatif bergantung pada sintesis fotosintat, yang meningkat seiring dengan konsentrasi klorofil yang lebih tinggi (Lastiur, 2012). Fosfor berperan dalam perkembangan sistem akar dan metabolisme energi, selain nitrogen. Fosfor mendorong pertumbuhan jaringan meristem, yang pada gilirannya mempercepat perkembangan daun baru. Selain menambahkan nutrisi, kombinasi biochar dan pupuk organik meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga meningkatkan kapasitas tanah untuk menyerap nitrogen (Rahalus *et al.*, 2018). Dengan cara ini, tanaman menghasilkan daun yang lebih lebar dan sehat, sehingga meningkatkan kapasitas fotosintesisnya

dan mendorong pertumbuhan secara keseluruhan.

Bobot brangkasan basah dan kering tanaman sawi hijau

Tabel 6 menampilkan temuan analisis varians mengenai dampak berbagai kombinasi pupuk organik dan biochar sekam padi terhadap berat basah dan kering sawi. Berat basah tanaman, yang juga dipengaruhi oleh kadar air jaringan tanaman, mencerminkan penumpukan biomassa dari perkembangan vegetatif, khususnya jumlah, luas, dan tinggi daun. Air sangat penting untuk menjaga tekanan turgor sel, yang memungkinkan sel untuk memperbesar jaringannya dan mendorong perkembangan biomassa basah (Latarung *et al.*, 2006; Manuhuttu *et al.*, 2014). Temuan menunjukkan bahwa berat basah meningkat secara signifikan ketika biochar dan sejumlah besar pupuk kandang walet dikombinasikan. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa ketika dikombinasikan dengan biochar, pupuk sarang burung walet, yang kaya akan unsur hara makro N, P, dan K, meningkatkan struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan merangsang aktivitas mikroba tanah untuk meningkatkan penyerapan nutrisi yang lebih efektif.

Tabel 6. Rerata bobot brangkasan basah dan kering tanaman sawi hijau akibat pemberian biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik

Perlakuan	Bobot Tanaman (gram)	
	Basah	Kering
K0	12,23 ^e	2,27 ^e
K1	40,93 ^d	3,36 ^d
K2	51,14 ^{cd}	3,62 ^{cd}
K3	63,75 ^{bc}	3,92 ^{bc}
K4	86,19 ^a	4,61 ^a
K5	42,23 ^d	3,49 ^d
K6	71,27 ^{ab}	4,05 ^b
BNJ 5%	15,25	0,36

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dan pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

Sementara itu, bobot brangkasan kering lebih merefleksikan kandungan biomassa organik yang terbentuk setelah air diuapkan. Parameter ini sangat erat kaitannya dengan efisiensi penyerapan hara dan aktivitas fotosintesis tanaman. Berat kering yang tinggi dari perlakuan K4 menunjukkan ketersediaan

nutrisi yang cukup, terutama nitrogen, yang sangat penting untuk perkembangan jaringan vegetatif dan sintesis molekul organik (Istarofah & Salamah, 2017). Nitrogen yang terserap optimal akan meningkatkan pembentukan protein dan klorofil, sehingga mempercepat proses fotosintesis dan akumulasi biomassa.

Kadar nitrogen tanah yang lebih tinggi mendorong perkembangan vegetatif dan berat kering tanaman sebaik mungkin (Siregar dan Marzuki, 2011). Karena menyediakan nutrisi yang seimbang, meningkatkan kualitas tanah, dan mendorong proses fisiologis tanaman yang berkaitan dengan pertumbuhan biomassa, kombinasi pupuk kandang sarang burung walet dosis tinggi dan biochar sekam padi merupakan yang paling berhasil dalam meningkatkan berat basah dan kering brangkas.

Pengaruh Pemberian Biochar Sekam Padi

dan Berbagai Kombinasi Pupuk Organik terhadap Sifat Kimia Tanah Setelah Percobaan

Tabel 7 menunjukkan bahwa karakteristik kimia tanah setelah panen, seperti pH, N total, C organik, K tersedia, dan P tersedia, sangat dipengaruhi oleh aplikasi biochar sekam padi dan berbagai kombinasi pupuk organik. Perlakuan kontrol (K0) memiliki nilai terendah, sementara perlakuan K4 (biochar sekam padi 10 ton/ha + pupuk kandang sarang burung walet 20 ton/ha + NPK 150 kg/ha) menghasilkan nilai tertinggi untuk hampir semua parameter.

Tabel 7. Rerata pH, C-organik, N-total, P-tersedia dan K-tersedia tanah sesudah panen

Perlakuan	pH	C-Organik (%)	N-Total (%)	P-Tersedia (ppm)	K-Tersedia (ppm)
K0	6,13 ^f	1,23 ^c	0,16 ^d	16,15 ^g	12,48 ^f
K1	6,75 ^d	1,43 ^b	0,27 ^c	19,47 ^f	16,27 ^e
K2	6,85 ^c	1,48 ^b	0,29 ^{bc}	23,29 ^d	19,14 ^{cd}
K3	6,92 ^{cd}	1,49 ^b	0,30 ^{abc}	24,15 ^c	20,18 ^c
K4	6,97 ^c	1,58 ^a	0,34 ^a	28,14 ^a	26,18 ^a
K5	7,08 ^b	1,44 ^b	0,28 ^{bc}	20,38 ^e	18,35 ^d
K6	7,33 ^a	1,51 ^{ab}	0,31 ^{ab}	25,27 ^b	22,37 ^b
BNJ	0,07	0,09	0,04	0,34	1,47

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dan pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNJ taraf 5%.

pH Tanah

Penguraian bahan organik melepaskan kation basa, termasuk Ca, Mg, Na, dan K, ke dalam tanah, sehingga meningkatkan pH tanah setelah pemberian pupuk organik. Kation basa ini dapat meningkatkan konsentrasi ion OH⁻ dan mengurangi ion H⁺, sehingga pH tanah mendekati netral (Kaya, 2014). Kualitas pupuk organik matang, yang senyawa dasarnya lebih dominan daripada asam organik akibat proses dekomposisi, semakin mendukung hal ini (Yuniarti *et al.*, 2020).

C-Organik Tanah

Peningkatan kadar C-organik disebabkan oleh tingginya pasokan bahan organik dari pupuk kandang dan biochar. Kombinasi keduanya mampu memperbaiki struktur tanah sekaligus menyediakan sumber karbon yang menjadi energi bagi mikroorganisme tanah. Sulastri dan Suryani (2021) melaporkan bahwa biochar dan pupuk kandang dapat meningkatkan kadar C-organik secara signifikan, sedangkan Nurfadilah *et al.* (2020) menegaskan bahwa kombinasi tersebut dapat meningkatkan C-organik hingga

lebih dari 30% dibandingkan tanah kontrol.

N-Total Tanah

Peningkatan N-total tertinggi terjadi pada perlakuan dengan pupuk kandang walet. Hal ini berkaitan dengan tingginya kandungan nitrogen dalam kotoran walet yang mudah terurai menjadi NH₄⁺ dan NO₃⁻, sehingga tersedia bagi tanaman. Selain itu, biochar berperan dalam mengurangi kehilangan nitrogen melalui mekanisme sorpsi di pori-porinya dan menyediakan habitat mikroba tanah untuk memperlancar proses mineralisasi (Supriyadi, 2019). Kondisi ini menjelaskan mengapa perlakuan K4 mampu meningkatkan kadar N-total tanah secara signifikan.

P-Tersedia Tanah

Ketersediaan P meningkat nyata pada perlakuan pupuk kandang walet dosis tinggi. Pupuk ini tidak hanya mengandung fosfor, tetapi juga meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang mampu melarutkan fosfat terikat. Sebaliknya, kontrol (K0) menunjukkan nilai P-tersedia terendah karena tidak adanya sumber tambahan fosfor maupun bahan organik. Bahan organik

dapat melepaskan asam organik selama dekomposisi, yang membantu melarutkan senyawa fosfat yang tidak larut (Yuliarti *et al.*, 2018). Penambahan biochar pada pupuk kandang, terutama kotoran burung walet, secara signifikan meningkatkan jumlah P yang tersedia di dalam tanah (Pratiwi *et al.*, 2024; Santoso *et al.*, 2022). Temuan ini konsisten dengan temuan mereka.

K-Tersedia Tanah

Jumlah K yang tersedia meningkat, terutama pada perlakuan pupuk kandang walet dengan dosis tinggi. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi kalium dalam pupuk kandang walet dan kontribusi biochar terhadap peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang meningkatkan efisiensi retensi dan pelepasan K (Lestari *et al.*, 2022). Meskipun Prasetya *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa pupuk kandang walet memiliki efek yang lebih kuat dalam meningkatkan K dibandingkan jenis pupuk kandang lainnya. Sulistiyowati *et al.*, (2022) juga mengamati kombinasi biochar dan pupuk organik secara signifikan meningkatkan kadar K yang dapat diakses tanah.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pertumbuhan, hasil, dan karakteristik kimia tanah Inceptisol sangat terpengaruh ketika biochar sekam padi dan pupuk organik dikombinasikan. Kombinasi biochar sekam padi (10 ton/ha), pupuk kandang sarang burung walet (20 ton/ha), dan NPK 150 kg/ha (K4) memberikan hasil terbaik. Kombinasi ini memperbaiki sifat kimia tanah (pH, C organik, N total, P tersedia, dan K tersedia), meningkatkan pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah daun, dan luas daun), serta meningkatkan hasil (berat basah dan kering). Perlakuan kontrol (K0) menunjukkan hasil terendah, yang menunjukkan pentingnya peran bahan organik dalam meningkatkan produktivitas tanaman dan kesuburan tanah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Pertanian Universitas Mataram yang telah menyediakan fasilitas penelitian, serta

Laboratorium Unit Pelaksana Teknis Badan Perakitan dan Modernisasi Pertanian Nusa Tenggara Barat yang telah membantu dalam analisis tanah. Terima kasih juga disampaikan kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan bantuan selama pelaksanaan penelitian ini.

Referensi

- Arifin, Z., Sumarno, & Handayanto, E. (2016). Pengaruh pemberian pupuk organik kascing terhadap sifat fisik dan kimia tanah serta pertumbuhan tanaman. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 40(2), 123-132. [https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/issue/view/JTI%20Vol.40\(2\)%20Desember%202016](https://epublikasi.pertanian.go.id/berkala/jti/issue/view/JTI%20Vol.40(2)%20Desember%202016)
- Dikdik, T. (2014). Fungsi utama hara N. Media Petani.
- Dunggio, Y., & Sudiarta, I. M. (2022). The effect of guano swallow fertilizer application on the growth and yield of mustard plants (*Brassica juncea* L.). *ARview Jurnal Ilmiah*, 1, 18–26. <https://ejurnal.unisan.ac.id/index.php/arview/article/view/349>
- Firmansyah, I., Syakir, M., & Lukman, L. (2017). Pengaruh kombinasi dosis pupuk N, P, dan K terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung (*Solanum melongena* L.). Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jawa Tengah. <https://doi.org/10.21082/jhort.v27n1.2017.p69-78>
- Heriyanto. (2022). Pengaruh pemberian bahan organik terhadap daya dukung dan kualitas tanah untuk pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ecosolum*, 11(2), 168–178. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/ecosolum>
- Istarofah, Z. S. (2017). Pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.) dengan pemberian kompos berbahan dasar daun paitan (*Thitonia diversifolia*). *Jurnal Pertanian*, 3(1), 39–46. <https://jamp-jurnal.unmerpas.ac.id/index.php/jamppertanian/article/viewFile/64/53>
- Juliani, V., & Qurrohman, T. F. B. R. S. (2023). Pengaruh pemberian pupuk kotoran burung walet dan pupuk silika terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang

- merah (*Allium cepa* L.) varietas Batu Ijo. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*, 33, 46–64. <https://sinta.kemdikbud.go.id/authors/profile/6722848/?view=garuda>
- Kaya, E. (2014). Pengaruh pupuk organik dan pupuk NPK terhadap pH dan K-tersedia tanah serta serapan-K, pertumbuhan, dan hasil padi sawah. *Buana Sains*, 14. https://jurnal.unitri.ac.id/index.php/buana_sains/article/download/353/362
- Kesumawati, D., dkk. (2024). Potensi kotoran walet (guano) sebagai pupuk organik. *Jurnal Pertanian*, 8(1), 21–27. <https://proceeding.uns.ac.id/semnasfp/article/view/673/620>
- Lakitan, B. (2007). Fisiologi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. PT Raja Grafindo Persada.
- Lastiur, Y. (2012). Kajian pertumbuhan dan hasil tanaman sawi secara hidroponik pada komposisi media tanam dan konsentrasi pupuk organik cair (Skripsi). Universitas Jenderal Soedirman.
- Latarung, B., & Syakir, A. (2006). Pertumbuhan dan hasil bawang merah (*Allium ascalanicum* L.) pada berbagai dosis pupuk kandang. *Jurnal Agroland*, 13(3), 265–269. <http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrolandnasional/article/view/231>
- Lestari, W., Yusran, Y., & Baharuddin. (2022). Aplikasi pupuk kotoran burung walet terhadap ketersediaan hara dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada Inceptisol. *Jurnal Agrotekbis*, 10(4), 691–698. <https://jurnal.politap.ac.id/index.php/jap/article/view/1746>
- Lingga, P., & Marsono. (2013). Petunjuk penggunaan pupuk. Penebar Swadaya.
- Manuhuttu, A. P., Rehatta, H., & Kailola, J. J. G. (2014). Pengaruh konsentrasi pupuk hayati Bioboost terhadap peningkatan produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agrologi*, 3(1), 8. <https://media.neliti.com/media/publications/288757-pengaruh-konsentrasi-pupuk-hayati-bioboo-44035ed1.pdf>
- Mulyati. (2022). Dasar-dasar ilmu tanah. Universitas Mataram Press.
- Nurfadilah, Y., Fitriani, R., & Zakaria, A. (2020). Pengaruh biochar dan pupuk kandang terhadap kandungan C-organik dan ketersediaan hara tanah. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 8(1), 23–30. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/download/7632/5611>
- Panataria, L. R., Sihombing, P., & Siantari, B. (2020). Pertumbuhan dan hasil produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa* L.) pada tanah Ultisol. *Jurnal Rhizobia*, 2(1), 1–14. <https://garuda.kemdikbud.go.id/journal/view/21188?issue=Vol+2+No+1+%282020%29%3A+Jurnal+Ilmiah+Rhizobia+Edisi+Februari+2020>
- Prasetya, D., Santoso, H., & Wibowo, A. (2023). Efektivitas pupuk kandang burung walet dalam meningkatkan kalium tersedia pada tanah Inceptisol. *Jurnal Agroekologi dan Agribisnis*, 15(1), 55–64. https://undana.ac.id/wp-content/uploads/2023/12/Full-prosidings-Semnas_Final_01Des2023_compressed.pdf
- Pratiwi, T., Nugroho, B. S., & Rahmawati, E. (2024). Pengaruh pupuk kandang dan biochar terhadap peningkatan ketersediaan fosfor pada tanah Ultisol melalui aktivitas mikroorganisme. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 16(1), 45–56. <http://journal.ipb.ac.id/index.php/jtanah>
- Rahalus, C. Y., Tumewu, P., & Tulungen, A. G. (2018). Respons tanaman sawi (*Brassica juncea* L.) terhadap pupuk organik dan pupuk anorganik bahan dasar gulma. *Cocos*, 2(7), 1–9. <https://doi.org/10.35791/cocos.v2i7.27290>
- Santoso, H., Wibowo, A., & Yuliana, S. (2022). Efektivitas pupuk kandang walet dalam meningkatkan ketersediaan fosfor tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Agroekologi dan Agribisnis*, 13(3), 78–87.
- Sari, D. M., Ilyas, I., & Jufri, Y. (2024). Pengaruh pemberian kombinasi biochar sekam padi dan pupuk kotoran kambing terhadap beberapa sifat kimia Inceptisol, pertumbuhan, dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(2), 243–252. <https://jim.usk.ac.id/JFP/article/download/32252/14861>

- Siregar, A., & Marzuki, L. (2011). Efisiensi pemupukan urea terhadap serapan dan peningkatan produksi padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 7(2), 107–112. https://ejournal.unpatti.ac.id/ppr_iteminfo_lnk.php?id=40
- Siswanto, B., & Widowati, W. (2018). Pengaruh limbah industri agar-agar rumput laut terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung pada tanah Inceptisol Kecamatan Pandaan Pasuruan. *Buana Sains*, 18(1), 57–66. <http://dx.doi.org/10.33366/bs.v18i1.932>
- Sulastri, N., & Suryani, D. (2021). Pengaruh pemberian biochar dan pupuk organik terhadap kandungan C-organik dan pH tanah Ultisol. *Jurnal Agrosains dan Teknologi Pertanian*, 6(2), 35–42. http://repository.unsoed.ac.id/29105/9/D_AFTAR%20PUSTAKA-Intan%20Nur%20Roudhotul%20Jannah-A1D020030-Skripsi-2024.pdf
- Sulistiyowati, E., Nugroho, B. S., & Rahmawati, E. (2022). Pengaruh aplikasi biochar dan pupuk kandang terhadap peningkatan ketersediaan kalium pada tanah Ultisol. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 14(2), 110–119. <http://dx.doi.org/10.26418/jspe.v14i2.90569>
- Supriyadi. (2019). Pengaruh kombinasi biochar sekam padi dan pupuk kandang terhadap N-total tanah dan serapan N oleh tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*. <https://repository.unja.ac.id/53112/5/Daftar%20Pustaka.pdf>
- Suwahyono, U. (2011). *Petunjuk praktis penggunaan pupuk organik secara efektif dan efisien*. Penebar Swadaya.
- Syofiani, R., & Oktabriana, G. (2017). Aplikasi pupuk guano dalam meningkatkan unsur hara N, P, K, dan pertumbuhan tanaman kedelai pada media tanam tailing tambang emas. *Jurnal Pertanian UMJ*, 8(11), 98–103. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastan/article/view/2264>
- Tuherkih, E., & Sipahutar, I. A. (2008). Pengaruh pupuk NPK majemuk (16:16:15) terhadap pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays* L.) di tanah Inceptisols. *Balai Penelitian Tanah*, 77–88. <https://adoc.pub/download/pengaruh-pupuk-npk-majemuk-161615-terhadap-pertumbuhan-dan-h.html>
- Utami Putri, C., Rembon, F. S., & Leomo, S. (2023). Effect of biochar and chicken manure application on soil moisture content and chemical properties of coastal soils and mustard plant growth. *Journal of Agricultural Sciences*, 3(2), 122–128.
- Wibowo, W. A., Hariyono, B., & Kusuma, Z. (2016). Pengaruh biochar, abu ketel, dan pupuk kandang terhadap pencucian nitrogen tanah berpasir Asembagus, Situbondo. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 3(1), 269–278. <http://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=515098&val=6937&title=pengaruh+biochar+abu+ketel+dan+pupuk+kandang+terhadap+pencucian+nitrogen+tanah+berpasir+asembagus+situbondo>
- Winarso, S. (2005). *Kesuburan tanah, dasar kesehatan dan kualitas tanah*. Gava Media.
- Yuliarti, S., Nugroho, B. S., & Rahmawati, E. (2018). Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 15(2), 123–134.
- Yuniarti, A., Solihin, E., & Putri, A. T. A. (2020). Aplikasi pupuk organik dan NPK terhadap pH tanah, P-tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada Inceptisol. *Jurnal Kultivasi*, 19(1). <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i1.24563>