

EFIKASI PEMBERIAN PUPUK KANDANG KAMBING DAN BIOCHAR TEMPURUNG KELAPA PADA PERTUMBUHAN DAN HASIL LOBAK MERAH (*RAPHANUS SATIVUS* L.)

Maximilianus Lalu^{1*}, Eny Dyah Yuniwati², Istiyono Kirnoprasetyo²

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardhana Malang

²Dosen Pembimbing Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardhana Malang

*Email Korespondensi: maximilianuslalu@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efikasi pemberian pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa terhadap pertumbuhan dan hasil lobak merah (*Raphanus sativus* L.). Penelitian dilaksanakan di PT. Berkah Janur Kuning, Desa Ampelsari, Purwodadi, Kabupaten Pasuruan pada bulan Mei hingga Juli 2025. Percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor utama: dosis pupuk kandang kambing (10, 15, dan 30 ton/ha) serta dosis biochar tempurung kelapa (10, 15, dan 30 ton/ha), menghasilkan 9 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan. Variabel pengamatan meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, panjang umbi, diameter umbi, berat segar umbi, dan berat kering umbi. Hasil analisis ragam menunjukkan interaksi nyata antara pupuk kandang kambing dan biochar pada tinggi tanaman (7, 14, 21, 28 HST), jumlah daun (14, 21, 28 HST), dan panjang umbi saat panen. Faktor tunggal pupuk kandang kambing dan biochar secara terpisah berpengaruh nyata terhadap jumlah daun (7 HST), berat segar umbi, dan berat kering umbi. Kombinasi pupuk kandang kambing 30 ton/ha dan biochar tempurung kelapa 30 ton/ha (P3B3) memberikan hasil terbaik dengan berat segar umbi 212,41 g dan berat kering umbi 42,48 g.

Kata Kunci: Lobak merah, pupuk kandang kambing, biochar tempurung kelapa, interaksi, hasil umbi.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the efficacy of goat manure and coconut shell biochar on the growth and yield of red radish (*Raphanus sativus* L.). The field experiment was conducted at PT. Berkah Janur Kuning, Pasuruan, East Java from May to July 2025. A Randomized Block Design (RBD) with two factors was applied: goat manure doses (10, 15, 30 tons/ha) and coconut shell biochar doses (10, 15, 30 tons/ha). Observed variables included plant height, leaf count, tuber length, tuber diameter, tuber fresh weight, and tuber dry weight. ANOVA results showed a significant interaction effect on plant height (7, 14, 21, 28 DAP), leaf number (14, 21, 28 DAP), and tuber length at harvest. Single factors significantly affected leaf count (7 DAP), tuber fresh weight, and dry weight. The combination of 30 tons/ha goat manure and 30 tons/ha biochar (P3B3) yielded the optimal result, producing a fresh tuber weight of 212.41 g and dry weight of 42.48 g.

Keywords: Red radish, goat manure, coconut shell biochar, interaction, tuber yield.

I. PENDAHULUAN

Lobak merah (*Raphanus sativus* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta kaya nutrisi fungsional seperti vitamin C, serat pangan, dan antioksidan antosianin. Berdasarkan data Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Kementerian Pertanian (2024), produksi lobak di Indonesia pada tahun 2019 tercatat sebesar 24.247 ton dengan luas panen 1.541 ha (produktivitas 15,73 ton/ha) dan mengalami kenaikan pada tahun 2020 menjadi 24.902 ton dari luas panen 1.560 ha. Namun demikian, pencatatan statistik nasional mengalami kekosongan pada periode 2021–2023, menandakan perlunya revitalisasi budidaya dan pengelolaan intensif untuk meningkatkan kembali volume suplai pasar nasional.

Kendala utama dalam budidaya lobak merah adalah penurunan kesuburan fisik, kimia, dan biologi tanah akibat penggunaan pupuk sintetis secara terus-menerus tanpa diimbangi masukan bahan organik. Kondisi ini mempercepat laju degradasi lahan, memicu pemadatan tanah, serta menurunkan kapasitas retensi air dan hara. Produktivitas lobak merah sangat sensitif terhadap aerasi dan struktur tanah karena perakaran dan pembesaran umbi membutuhkan ruang pori tanah yang gembur. Upaya strategis untuk memperbaiki kualitas tanah berkelanjutan adalah dengan pemberian kombinasi bahan pembenah tanah (amendemen) dan pupuk organik padat, seperti pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa.

Pupuk kandang kambing dikenal luas sebagai sumber nutrisi makro (N, P, K) dan mikro yang pelepasan haranya berlangsung secara perlahan (slow release). Aplikasi pupuk kandang kotoran kambing terbukti mampu meningkatkan C-organik tanah, merangsang aktivitas mikroorganisme menguntungkan, serta menggemburkan struktur tanah yang padat (Mustopa, 2022). Penelitian Septianingsih et al. (2022) mengonfirmasi bahwa dosis pupuk kandang kambing hingga 25 ton/ha memberikan respon signifikan terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa vegetatif. Di samping suplai hara, perbaikan reologi tanah dari kotoran kambing sangat relevan untuk tanaman umbi-umbian hortikultura.

Di sisi lain, biochar tempurung kelapa merupakan produk kaya karbon stabil yang dihasilkan melalui proses pirolisis biomassa pada kondisi oksigen terbatas. Biochar tempurung kelapa memiliki struktur berpori mikro yang luas, Kapasitas Tukar Kation (KTK) tinggi, serta sifat aromatik yang persisten di dalam tanah selama dekade. Pemberian biochar berfungsi meretensi air dan nutrisi agar tidak mudah tercuci oleh air irigasi atau hujan (leaching), sekaligus menyediakan habitat mikroba perakaran yang ideal (Pandian et al., 2024; Ajien et al., 2023). Integrasi antara pupuk kandang kambing sebagai penyedia nutrisi hara lengkap dan biochar tempurung kelapa sebagai penyimpan hara (nutrient matrix) diduga mampu menciptakan sinergi positif yang mengoptimalkan pertumbuhan dan hasil panen lobak merah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karakteristik dan Manfaat Tanaman Lobak Merah

Lobak merah (*Raphanus sativus* L.) termasuk ke dalam famili Brassicaceae. Tanaman ini memiliki keunggulan agronomis berupa siklus hidup yang sangat pendek (short-duration crop), di mana sebagian besar kultivar dapat dipanen pada umur 25–30 hari setelah tanam (Raphanus overview, 2022). Secara fisiologis, warna merah intensif pada kulit umbi lobak merah disebabkan oleh kandungan antosianin terasilasi yang stabil terhadap panas dan perubahan pH, sehingga berpotensi besar sebagai bahan pewarna alami industri pangan (Giusti & Wrolstad, 1996). Selain itu, kandungan glukosinolat dalam jaringan lobak dapat terhidrolisis menjadi isothiocyanate yang bersifat antimikroba, antioksidan, dan kemopreventif (Zhang et al., 2024; Sevindik et al., 2023).

Secara agronomis dan ekologis, perakaran lobak merah yang menembus tanah berfungsi sebagai "bio-drilling", yaitu membentuk pori-pori biopolimer tanah yang meningkatkan infiltrasi air serta memfasilitasi aerasi bagi tanaman berikutnya (Chen et al., 2018). Dalam kaitan konservasi hara, lobak dari famili Brassicaceae terbukti sangat efektif menurunkan pencucian nitrat (nitrate leaching) hingga 56–69% karena akar tunggangnya dapat menyerap residual N di lapisan subsoil (Thapa et al., 2018; Pereira et al., 2022).

2.2 Peran Pupuk Kandang Kambing dalam Kesuburan Tanah

Kotoran kambing merupakan pupuk organik berstruktur pelet yang memiliki kandungan nitrogen cukup tinggi dibandingkan pupuk kandang ternak ruminansia lainnya. Balai Penelitian Tanah (BPPP, 2006) mencatat rata-rata kadar N total pupuk kandang kambing mencapai 0,70%, P₂O₅ sebesar 0,40%, dan K₂O sebesar 0,75%. Setelah mengalami pengomposan matang, kadar N, P, dan K dapat meningkat berturut-turut hingga 2,23%, 1,24%, dan 3,69% (Ramija, 2021). Pemberian pupuk kandang kambing terbukti meningkatkan C-organik tanah (SOC) hingga

2.3 Biochar Tempurung Kelapa sebagai Pembenh Tanah (Amelioran)

Biochar tempurung kelapa merupakan bahan pembenh tanah alami berpori tinggi yang dihasilkan dari pirolisis limbah keras kelapa pada suhu 400–700°C. Struktur fisiknya ditandai oleh rasio permukaan spesifik yang luas dan keberadaan gugus fungsional karboksil/hidroksil yang meningkatkan KTK tanah. Aplikasi biochar tempurung kelapa pada tanah berpasir atau lempung terdegradasi terbukti dapat mengurangi pencucian nitrogen sebesar 17–34% dan meningkatkan efisiensi serapan N tanaman hingga 12–40% (Zhao et al., 2019; Zhou et al., 2020). Selain itu, biochar berfungsi menstabilkan iklim mikro tanah dan bertindak sebagai tempat bernaung (habitat) bagi mikroba tanah perakaran yang bermanfaat.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu, Tempat, dan Bahan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan PT. Berkah Janur Kuning, Jalan Labagoes, RT 06 / RW 03, Desa Ampelsari, Kecamatan Purwodadi, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Lokasi berada pada ketinggian tempat ± 3.339 m dpl dengan suhu udara rata-rata harian 17°C. Penelitian berlangsung selama tiga bulan, mulai dari Mei hingga Juli 2025. Bahan utama yang digunakan meliputi benih lobak merah varietas *Radish Cherry Belle*, pupuk kandang kambing matang terfermentasi, biochar tempurung kelapa murni, dan pestisida hayati organik. Alat-alat yang digunakan meliputi cangkul, garpu tanah, sekop, timbangan digital analitik (ketelitian 0,01 g), jangka sorong, penggaris, sprayer, dan keranjang panen.

3.2 Rancangan Percobaan

Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial yang terdiri dari dua faktor perlakuan dengan tiga ulangan/kelompok:

Faktor Pertama: Dosis Pupuk Kandang Kambing (P) terdiri dari 3 taraf:

- P1 = Pupuk kandang kambing dosis 10 ton/ha (setara 5 kg/bedengan)
- P2 = Pupuk kandang kambing dosis 15 ton/ha (setara 7,5 kg/bedengan)
- P3 = Pupuk kandang kambing dosis 30 ton/ha (setara 15 kg/bedengan)

Faktor Kedua: Dosis Biochar Tempurung Kelapa (B) terdiri dari 3 taraf:

- B1 = Biochar tempurung kelapa dosis 10 ton/ha (setara 5 kg/bedengan)
- B2 = Biochar tempurung kelapa dosis 15 ton/ha (setara 7,5 kg/bedengan)
- B3 = Biochar tempurung kelapa dosis 30 ton/ha (setara 15 kg/bedengan)

Dari kedua faktor di atas diperoleh 9 kombinasi perlakuan: P1B1, P1B2, P1B3, P2B1, P2B2, P2B3, P3B1, P3B2, dan P3B3. Setiap unit percobaan diulang sebanyak 3 kali sehingga terdapat 27 petak percobaan. Ukuran bedengan adalah 5 m $\times$ 1 m dengan jarak tanam 20 cm $\times$ 20 cm (populasi 81 tanaman per bedengan).

3.3 Tata Cara Pelaksanaan Penelitian

Pengolahan tanah dilakukan dengan metode *minimum tillage* menggunakan garpu dan cangkul untuk meremahkan tanah serta membersihkan sisa gulma. Bedengan dibuat sesuai ukuran rancangan. Aplikasi pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa dilakukan secara merata pada saat olah tanah awal (14 hari sebelum tanam) agar bahan terinkorporasi sempurna dengan tanah.

Persemaian dilakukan dalam tray semai dengan media campuran tanah dan kompos (1:1 v/v). Setelah berkecambah dan berumur 7 HSS, bibit dipindahkan ke polybag pembesaran (7 cm $\times$ 5 cm) hingga berumur 30 HSS. Transplantasi bibit ke bedengan utama dilakukan pada umur 30 HSS dengan memilih bibit yang seragam dan sehat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang sangat nyata antara pemberian pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa terhadap variabel tinggi tanaman pada seluruh umur pengamatan (7, 14, 21, dan 28 HST). Rata-rata tinggi tanaman akibat kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Tinggi Tanaman Lobak Merah (cm) akibat Pemberian Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa pada Umur 7, 14, 21, dan 28 HST

Kombinasi Perlakuan	Umur Pengamatan (HST)			
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST
P1B1 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 10 t/ha)	5,07 a	4,97 a	4,97 a	5,23 a
P1B2 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 15 t/ha)	5,07 a	5,03 a	5,00 a	5,23 a
P1B3 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 30 t/ha)	5,00 a	5,00 a	5,03 a	5,20 a
P2B1 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 10 t/ha)	5,07 a	5,07 a	5,00 a	5,23 a
P2B2 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 15 t/ha)	5,07 a	5,00 a	5,07 a	5,23 a
P2B3 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 30 t/ha)	5,00 a	5,03 a	5,03 a	5,23 a
P3B1 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 10 t/ha)	6,70 b	6,73 b	6,73 b	6,93 b
P3B2 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 15 t/ha)	7,53 c	7,57 c	7,60 c	7,75 bc
P3B3 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 30 t/ha)	8,63 d	8,60 d	8,70 d	8,90 c
BNJ 5%	0,13	0,08	0,09	1,51

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf $\alpha = 0,05$.

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa pada kelompok dosis pupuk kandang rendah hingga sedang (P1 dan P2), peningkatan dosis biochar dari 10 hingga 30 ton/ha tidak memberikan peningkatan tinggi tanaman yang berbeda nyata. Namun, ketika dosis pupuk kandang ditingkatkan ke taraf 30 ton/ha (P3), peranan biochar menjadi sangat nyata. Perlakuan P3B3 secara konsisten menghasilkan tanaman tertinggi di setiap umur pengamatan, mencapai puncak rata-rata 8,90 cm pada 28 HST.

4.2 Jumlah Daun

Pada pengamatan awal umur 7 HST, analisis ragam menunjukkan tidak ada interaksi nyata antara kedua faktor, namun masing-masing faktor tunggal berpengaruh nyata terhadap pembentukan jumlah daun awal (Tabel 2).

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Daun Lobak Merah (helai) Faktor Tunggal Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa pada 7 HST

Perlakuan Faktor Tunggal	Jumlah Daun (helai) 7 HST	Notasi BNJ 5%
A. Dosis Pupuk Kandang Kambing (P)		
P1 (10 ton/ha)	2,78	a
P2 (15 ton/ha)	3,00	a
P3 (30 ton/ha)	3,89	b
B. Dosis Biochar Tempurung Kelapa (B)		
B1 (10 ton/ha)	3,11	a
B2 (15 ton/ha)	3,00	a
B3 (30 ton/ha)	3,56	b
BNJ 5%	0,44	

Pada pengamatan umur 14, 21, dan 28 HST, terdapat interaksi yang sangat nyata antara pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa terhadap jumlah daun tanaman lobak merah (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata Jumlah Daun Lobak Merah (helai) akibat Kombinasi Perlakuan Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa pada 14, 21, dan 28 HST

Kombinasi Perlakuan	14 HST	21 HST	28 HST
P1B1 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 10 t/ha)	4,97 a	4,97 a	5,23 a
P1B2 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 15 t/ha)	5,03 a	5,00 a	5,23 a
P1B3 (Pupuk 10 t/ha + Biochar 30 t/ha)	5,00 a	5,03 a	5,20 a
P2B1 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 10 t/ha)	5,07 b	5,00 a	5,23 a
P2B2 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 15 t/ha)	5,00 a	5,07 a	5,23 a
P2B3 (Pupuk 15 t/ha + Biochar 30 t/ha)	5,03 a	5,03 a	5,23 a
P3B1 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 10 t/ha)	6,73 c	6,73 c	6,93 a
P3B2 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 15 t/ha)	7,57 d	7,60 d	7,75 b
P3B3 (Pupuk 30 t/ha + Biochar 30 t/ha)	8,60 e	8,70 e	8,90 b
BNJ 5%	0,08	0,09	1,51

4.3 Panjang Umbi Lobak Merah Saat Panen

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi yang nyata antara dosis pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa terhadap variabel panjang umbi lobak merah saat panen. Rata-rata panjang umbi lobak merah disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Panjang Umbi Lobak Merah (cm) pada Saat Panen akibat Kombinasi Perlakuan Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa

Kombinasi Perlakuan	Dosis Pupuk Kandang	Dosis Biochar	Panjang Umbi (cm)	Notasi BNJ 5%
P1B1	10 ton/ha	10 ton/ha	8,80	a
P1B2	10 ton/ha	15 ton/ha	9,00	b
P1B3	10 ton/ha	30 ton/ha	8,90	a
P2B1	15 ton/ha	10 ton/ha	9,10	b
P2B2	15 ton/ha	15 ton/ha	9,03	b
P2B3	15 ton/ha	30 ton/ha	9,00	b
P3B1	30 ton/ha	10 ton/ha	8,93	a
P3B2	30 ton/ha	15 ton/ha	13,67	c
P3B3	30 ton/ha	30 ton/ha	14,90	d
BNJ 5%			0,18	-

Tabel 4 memperlihatkan bahwa kombinasi perlakuan P3B3 (Pupuk kandang kambing 30 ton/ha + Biochar 30 ton/ha) menghasilkan umbi terpanjang yaitu 14,90 cm, diikuti oleh P3B2 sebesar 13,67 cm. Kedua perlakuan ini sangat berbeda nyata dibandingkan seluruh kombinasi perlakuan lainnya yang hanya memiliki panjang umbi berkisar antara 8,80 cm hingga 9,10 cm. Hal ini membuktikan bahwa sinergi dosis optimal pupuk organik dan biochar sangat menentukan pemanjangan sel-sel jaringan umbi lobak.

4.4 Diameter Umbi Lobak Merah

Berdasarkan analisis ragam, tidak ditemukan adanya interaksi nyata maupun pengaruh faktor tunggal yang signifikan secara statistik ($\alpha = 0,05$) terhadap diameter umbi lobak merah. Meskipun demikian, secara deskriptif matematis terdapat variasi diameter umbi antar perlakuan sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



4.5 Berat Segar Umbi Lobak Merah

Analisis ragam menunjukkan tidak ada interaksi nyata antara pupuk kandang dan biochar terhadap berat segar umbi. Namun demikian, masing-masing faktor tunggal berpengaruh sangat nyata (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-rata Berat Segar Umbi Lobak Merah (gram) akibat Faktor Tunggal Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa

Perlakuan Faktor Tunggal	Berat Segar Umbi (gram)	Notasi BNJ 5%
A. Dosis Pupuk Kandang Kambing (P)		
P1 (10 ton/ha)	66,50	a
P2 (15 ton/ha)	119,86	b
P3 (30 ton/ha)	212,41	c
B. Dosis Biochar Tempurung Kelapa (B)		
B1 (10 ton/ha)	109,07	a
B2 (15 ton/ha)	159,30	b
B3 (30 ton/ha)	195,73	c
BNJ 5%	15,15	

4.6 Berat Kering Umbi Lobak Merah

Hasil analisis ragam terhadap berat kering umbi menunjukkan pola linier yang serupa dengan berat segar umbi. Tidak terdapat interaksi nyata, namun perlakuan faktor tunggal dosis pupuk kandang dan biochar berpengaruh sangat nyata (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata Berat Kering Umbi Lobak Merah (gram) akibat Faktor Tunggal Dosis Pupuk Kandang Kambing dan Biochar Tempurung Kelapa

Perlakuan Faktor Tunggal	Berat Kering Umbi (gram)	Notasi BNJ 5%
A. Dosis Pupuk Kandang Kambing (P)		
P1 (10 ton/ha)	13,30	a
P2 (15 ton/ha)	23,97	b
P3 (30 ton/ha)	42,48	c
B. Dosis Biochar Tempurung Kelapa (B)		
B1 (10 ton/ha)	21,81	a
B2 (15 ton/ha)	26,08	b
B3 (30 ton/ha)	31,86	c
BNJ 5%	3,14	

4.7 Pembahasan Sinergi Perlakuan

Terjadinya interaksi positif antara pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa pada variabel vegetatif (tinggi tanaman dan jumlah daun) serta panjang umbi membuktikan efektivitas sinergi antara bahan penyedia hara dan pembenah fisik tanah. Pada fase awal pertumbuhan (7 HST), pupuk kandang kambing dosis 30 ton/ha langsung menyuplai nitrogen dalam bentuk ammonium dan nitrat terlarut yang memicu pembelahan sel-sel meristematik pucuk dan inisiasi helai daun baru. Hal ini sejalan dengan temuan Sutrisno et al. (2022) yang menyatakan bahwa suplai nitrogen organik fase awal sangat menentukan laju pembentukan klorofil dan organ vegetatif.

Seiring bertambahnya umur tanaman (14–28 HST), peran biochar tempurung kelapa dosis 30 ton/ha (B3) menjadi sangat dominan dalam mendukung pupuk organik. Biochar memiliki pori-pori mikroskopis yang bertindak sebagai spons untuk menahan larutan hara yang dilepaskan oleh dekomposisi pupuk kandang. Tanpa biochar, sebagian hara makro mudah tercuci ke lapisan tanah bawah akibat penyiraman atau hujan. Namun dengan hadirnya biochar, retensi N, P, dan K di zone perakaran menjadi optimal (Zhao et al., 2019; Kurniawan et al., 2023). Hal ini menyebabkan tanaman pada perlakuan P3B3 menerima nutrisi yang stabil dan berkesinambungan.

Pada variabel organ penyimpanan (umbi), pembentukan panjang umbi lobak merah dipengaruhi secara nyata oleh interaksi perlakuan. Perlakuan P3B3 menghasilkan panjang umbi tertinggi (14,90 cm). Hal ini dikarenakan biochar tempurung kelapa memperbaiki porositas tanah dan menurunkan densitas isi (bulk density) tanah, sehingga memberikan hambatan mekanis yang lebih kecil bagi akar tunggang lobak untuk tumbuh memanjang ke bawah. Ditambah dengan kecukupan unsur fosfor dan kalium dari pupuk kambing 30 ton/ha, proses translokasi karbohidrat hasil fotosintesis dari daun menuju umbi berlangsung sangat efisien (Rini et al., 2021; Setiawan et al., 2022).

Adapun pada variabel diameter umbi, tidak adanya perbedaan yang signifikan secara statistik menunjukkan bahwa pembesaran lateral umbi lobak varietas *Cherry Belle* lebih dominan dikontrol oleh faktor genetik varietas yang memiliki karakteristik bentuk umbi cenderung membulat hingga agak lonjong dengan batas diameter maksimum tertentu. Namun demikian, kecenderungan nilai rerata diameter terbesar tetap ditemukan pada perlakuan P3B3 (5,17 cm).

Pada variabel berat segar dan berat kering umbi, peningkatan dosis faktor tunggal pupuk kandang kambing maupun biochar secara konsisten meningkatkan bobot umbi secara linier. Berat segar umbi tertinggi tercatat pada P3 (212,41 g) dan B3 (195,73 g), sedangkan berat kering tertinggi tercatat pada P3 (42,48 g) dan B3 (31,86 g). Peningkatan berat kering umbi menggambarkan akumulasi bahan kering (asimilat) yang berhasil disintesis selama fase vegetatif dan ditranslokasikan ke jaringan penyimpanan. Hasil ini membuktikan bahwa pengikatan hara oleh biochar yang dikombinasikan dengan kecukupan hara pupuk kambing mampu memaksimalkan efisiensi fotosintesis dan produktivitas tanaman lobak merah secara menyeluruh (Dewi et al., 2024; Pratama et al., 2023).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Terdapat interaksi yang nyata antara pemberian pupuk kandang kambing dan biochar tempurung kelapa terhadap pertumbuhan tinggi tanaman (7, 14, 21, dan 28 HST), jumlah daun (14, 21, dan 28 HST), serta panjang umbi lobak merah pada saat panen.
2. Kombinasi perlakuan pupuk kandang kambing 30 ton/ha dan biochar tempurung kelapa 30 ton/ha (P3B3) memberikan hasil terbaik dan paling efektif, menghasilkan tinggi tanaman 8,90 cm, jumlah daun 8,90 helai, panjang umbi 14,90 cm, diameter umbi 5,17 cm, berat segar umbi 212,41 g, dan berat kering umbi 42,48 g.
3. Secara faktor tunggal, peningkatan dosis pupuk kandang kambing hingga 30 ton/ha (P3) serta peningkatan dosis biochar tempurung kelapa hingga 30 ton/ha (B3) secara signifikan meningkatkan jumlah daun awal (7 HST), berat segar umbi, dan berat kering umbi lobak merah.

5.2 Saran

1. Bagi petani dan praktisi budidaya lobak merah disarankan untuk mengaplikasikan kombinasi dosis pupuk kandang kambing 30 ton/ha dan biochar tempurung kelapa 30 ton/ha untuk mencapai pertumbuhan dan produktivitas hasil panen umbi yang optimal.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengujian interval efisiensi pemupukan pada jenis tanah yang berbeda (seperti tanah Ultisol atau Inceptisol) serta analisis kelayakan ekonomi budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajien, M., Zhang, L., & Liu, Y. (2023). Coconut shell biochar production, characterization, and its application in sustainable agriculture: A review. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 169, 105820.
- Arifin, Z., Yuniwati, E. D., & Kirnoprasetyo, I. (2020). Peran biochar dan bahan organik dalam memodifikasi sifat fisik dan retensi air tanah pasiran. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 11(2), 115–124.
- Aryanti, E., Rahayu, S., & Wibowo, A. (2023). Efektivitas biochar tempurung kelapa dan NPK terhadap pertumbuhan terung gelatik pada tanah Aluvial. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 12(1), 45–53.
- BPPP. (2006). *Petunjuk Teknis Pengelolaan Pupuk Organik*. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Chen, G., Thorup-Kristensen, K., & Dresbøll, D. B. (2018). Deep roots of radish cover crops promote bio-drilling and subsoil water uptake. *Plant and Soil*, 426(1), 311–326.
- Dewi, R. K., Setiawan, B., & Kurniawan, H. (2024). Sinergisme biochar dan kompos dalam meningkatkan efisiensi hara dan hasil tanaman umbi-umbian. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 26(1), 32–40.
- Emirensiana, L. (2023). Pengaruh pupuk kandang kambing terhadap peningkatan C-organik dan perbaikan agregat tanah Ultisol. *Jurnal Solum*, 20(1), 18–26.
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (1996). Radish anthocyanin extract as a natural red colorant for maraschino cherries and beverages. *Journal of Food Science*, 61(4), 688–694.
- Kurniawan, A., Yuniwati, E. D., & Mudarrisna, N. (2023). Aplikasi biochar dan pupuk kandang terhadap retensi hara nitrogen dan fosfor pada tanah hortikultura. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 8(2), 89–98.
- Mustopa, A. (2022). Pemanfaatan kompos kotoran kambing untuk meningkatkan kelembaban dan mikroorganisme tanah. *Jurnal Pertanian Organik*, 5(1), 22–29.
- Pandian, K., Subramaniam, P., & Rajeswari, M. (2024). Biochar amendment for improving soil health and crop productivity under dryland conditions. *Soil and Tillage Research*, 235, 105890.
- Pereira, E. I., Thapa, R., & Mirsky, S. B. (2022). Global meta-analysis of cover crop effects on nitrogen leaching reduction in agricultural systems. *Environmental Pollution*, 298, 118840.
- Pratama, Y., Rahma, M., & Fadhil, M. (2023). Respon pertumbuhan dan hasil lobak merah terhadap takaran biochar tempurung kelapa. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 14(3), 175–183.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2024). *Statistik Produksi Hortikultura Nasional 2019–2023*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta.
- Ramija, K. E. (2021). Kualitas kandungan hara pupuk kandang kambing hasil komposting anaerobik. *Jurnal Peternakan dan Lingkungan*, 17(2), 102–109.
- Septianingsih, R., Wibisono, G., & Triyono, A. (2022). Efikasi pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman hortikultura. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 50(1), 64–71.
- Setiawan, H., Iskandar, D., & Wulandari, S. (2022). Pengaruh amandemen biochar terhadap sifat fisik tanah dan respon hasil tanaman umbi. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 11(2), 140–149.
- Thapa, R., Mirsky, S. B., & Tully, K. L. (2018). Cover crops reduce nitrate leaching in agroecosystems: A global meta-analysis. *Journal of Environmental Quality*, 47(6), 1400–1411.
- Zhao, L., Cao, X., & Wang, Q. (2019). Coconut shell biochar reduces nitrogen leaching and improves nitrogen use efficiency in tropical soils. *Geoderma*, 340, 112–120.

