

Growth And Yield Response Of Kale (*Brassica oleracea* L.) To The Application Of Tofu Waste Liquid Biofertilizer And Goat Manure

Respons Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kale (*Brassica oleracea* L.) Pada Pemberian POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Kurnia Dwi Yulita¹⁾, A Miftakhurrohmat ^{*2)}, M. Abror ^{*3)}, Andriani Eko Prihatiningrum ^{*4)}

¹⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

³⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

⁴⁾Program Studi Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: agusmrohmat@umsida.ac.id

Abstract. Kale (*Brassica oleracea* L.) is a highly nutritious vegetable whose demand increases with growing health awareness. Its production should be supported by environmentally friendly cultivation systems using organic fertilizers. This study aimed to examine the interaction between liquid organic fertilizer (LOF) from tofu waste and goat manure on the growth and yield of kale. The research was conducted in Kandangan Village, Sidoarjo (August–September 2025) using a two-factor factorial Randomized Complete Block Design (RCBD): LOF (40, 80, 160 ml L⁻¹) and goat manure (37, 56, 75 g per polybag) with three replications. The results showed a significant interaction on plant height, leaf area, fresh weight, and dry weight. The number of leaves was affected by each treatment individually, whereas the harvest index was not. The combination of 40–80 ml L⁻¹ LOF and 37 g per polybag of goat manure yielded the best results, with a fresh weight of 15.80–18.88 g.

Keywords - kale, liquid organic fertilizer, tofu waste, goat manure

Abstrak. Kale (*Brassica oleracea* L.) merupakan sayuran bergizi tinggi yang permintaannya meningkat seiring kesadaran hidup sehat. Peningkatan produksinya perlu didukung sistem budidaya ramah lingkungan melalui pupuk organik. Penelitian ini bertujuan mengkaji interaksi pupuk organik cair (POC) limbah tahu dan pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan dan hasil kale. Penelitian dilakukan di Desa Kandangan, Sidoarjo (Agustus–September 2025) menggunakan RAK faktorial dua faktor: POC (40, 80, 160 ml L⁻¹) dan pupuk kandang (37, 56, 75 g polibag⁻¹) dengan tiga ulangan. Hasil menunjukkan interaksi nyata pada tinggi tanaman, luas daun, bobot segar, dan bobot kering. Jumlah daun dipengaruhi masing-masing perlakuan, sedangkan indeks panen tidak. Kombinasi POC 40–80 ml L⁻¹ dan pupuk kandang 37 g polibag⁻¹ memberikan hasil terbaik dengan bobot segar 15,80–18,88 g.

Kata Kunci - kale, pupuk organik cair, limbah tahu, pupuk kandang kambing

I. PENDAHULUAN

Kale (*Brassica oleracea* L.) merupakan salah satu jenis sayuran daun dari famili Brassicaceae yang dikenal memiliki kandungan gizi tinggi, seperti vitamin A, B, dan K, serta mineral kalsium dan kalium. Selain itu, kale juga mengandung senyawa antioksidan yang bermanfaat bagi kesehatan [1]. Seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap konsumsi pangan sehat, permintaan kale terus mengalami peningkatan, baik di pasar domestik maupun internasional. Kondisi ini menjadikan kale sebagai komoditas hortikultura yang berpotensi untuk dikembangkan secara lebih luas. Peningkatan produksi kale sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara selama masa pertumbuhan. Pemupukan berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif dan pembentukan biomassa tanaman [2]. Namun, penggunaan pupuk anorganik secara intensif dapat berdampak negatif terhadap kualitas tanah dan lingkungan. Oleh karena itu, penggunaan pupuk organik menjadi alternatif yang lebih aman dan berkelanjutan dalam sistem budidaya tanaman.

Pupuk organik cair (POC) merupakan salah satu bentuk pupuk organik yang relatif mudah diaplikasikan dan cepat diserap oleh tanaman. Limbah tahu merupakan bahan organik potensial untuk dijadikan POC karena masih mengandung unsur hara esensial, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium. Pemanfaatan limbah tahu sebagai POC tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi tanaman, tetapi juga berkontribusi dalam mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah industri rumah tangga [3]. Selain POC, pupuk kandang kambing juga berperan penting dalam meningkatkan kesuburan media tanam. Pupuk ini mengandung unsur hara makro dan mikro serta mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah [4]. Aplikasi pupuk kandang kambing diketahui dapat meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan unsur hara, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Dalam sistem pertanian organik, kale dapat dipupuk menggunakan pupuk organik seperti kompos, pupuk kandang, maupun pupuk organik cair (POC) dari limbah pertanian atau industri rumah tangga, yang terbukti mampu

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

meningkatkan pertumbuhan dan hasil kale secara signifikan [5]. Pertumbuhan kale yang optimal dapat ditingkatkan melalui pengelolaan hara yang tepat dan penggunaan media tanam yang sesuai, khususnya dalam budidaya sistem pot atau polibag. Selain itu, pengendalian hama dan penyakit juga perlu diperhatikan karena kale termasuk tanaman yang rentan terhadap serangan ulat daun dan kutu-kutuan. Dengan kandungan nutrisi yang tinggi dan permintaan pasar yang terus meningkat, kale menjadi salah satu komoditas hortikultura yang potensial untuk dikembangkan, baik dalam skala rumah tangga maupun komersial.

Pupuk kandang kambing memiliki karakteristik yang khas dibandingkan dengan pupuk kandang lainnya, seperti dari sapi atau ayam. Kotoran kambing umumnya berbentuk butiran padat yang lebih kering dan tidak terlalu berbau menyengat. Keuntungan lain dari pupuk kandang kambing adalah proses dekomposisinya yang relatif cepat jika dibandingkan dengan kotoran sapi karena kandungan airnya yang lebih rendah [6]. Secara kimiawi, pupuk kandang kambing mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Kandungan nitrogen dalam pupuk kambing sangat membantu dalam pembentukan klorofil dan pertumbuhan vegetatif tanaman [7]. Fosfor berperan dalam proses pembelahan sel dan pembentukan akar, sedangkan kalium berperan dalam proses fotosintesis dan pembentukan buah [8]. Selain itu, pupuk kandang kambing juga mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah, serta meningkatkan kapasitas tanah dalam menyimpan air dan unsur hara [9]. Aplikasi pupuk kandang kambing secara rutin dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan serta mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia sintetis. Namun demikian, efektivitas pupuk kandang kambing tergantung pada cara pengomposan dan dosis yang diberikan. Jika diberikan dalam bentuk mentah, pupuk ini dapat menimbulkan masalah seperti peningkatan patogen atau penurunan ketersediaan unsur hara karena proses dekomposisi yang masih berlangsung di dalam tanah [10]. Oleh karena itu, penting untuk melakukan fermentasi atau pengomposan terlebih dahulu sebelum diaplikasikan ke tanaman. Pupuk kandang kambing diaplikasikan secara langsung ke dalam media tanam sebelum penanaman, dengan dosis tertentu sesuai perlakuan, guna memperkaya unsur hara dalam tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Sementara itu, POC limbah tahu diberikan secara berkala mulai 7 hari setelah tanam (HST) dengan cara disiramkan ke sekitar perakaran tanaman setiap 7 hari sekali. Penggunaan kedua jenis pupuk organik ini secara bersamaan diharapkan mampu menciptakan sinergi dalam penyediaan unsur hara baik makro maupun mikro, serta memperbaiki struktur dan kesuburan media tanam [11].

Kombinasi tersebut berpotensi meningkatkan pertumbuhan vegetatif serta hasil panen tanaman kale secara signifikan dalam sistem budidaya di polibag. Penerapan POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing dalam budidaya kale di polibag dilakukan dengan metode yang tepat guna mendukung pertumbuhan optimal tanaman. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan dan hasil tanaman kale pada pemberian kedua jenis pupuk organik tersebut [12], [13].

II. METODE

Penelitian ini dilaksanakan di lahan pertanian Desa Kandangan, Kecamatan Krembung, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur, pada ketinggian ± 25 m di atas permukaan laut. Penelitian dilakukan pada bulan Agustus hingga September 2025. Bahan yang digunakan meliputi benih Kale varietas Curly, pupuk organik cair limbah tahu, dan pupuk kandang kambing. Media tanam yang digunakan berupa tanah dalam polibag berukuran 30 x 30 cm, Sabut kelapa digunakan sebagai lapisan dasar polibag untuk membantu memperbaiki aerasi dan drainase media tanam. Alat yang digunakan antara lain ember, gelas ukur, penggaris, timbangan, alat tulis, dan kamera.

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah konsentrasi pupuk organik cair limbah tahu yang terdiri atas tiga taraf, yaitu 40 ml per liter air, 80 ml per liter air, dan 160 ml per liter air. Faktor kedua adalah dosis pupuk kandang kambing yang terdiri atas tiga taraf, yaitu 37 g per polibag (setara 2,31 ton per hektar), 56 g per polibag (setara 3,50 ton per hektar), dan 75 g per polibag (setara 4,69 ton per hektar). Kedua faktor tersebut dikombinasikan sehingga diperoleh sembilan kombinasi perlakuan dengan tiga ulangan sehingga terdapat 27 satuan percobaan.

Penelitian diawali dengan penyemaian benih pada tray semai. Bibit dipindahkan ke polibag setelah berumur sekitar 7 hari atau telah memiliki 3 helai daun. Pupuk kandang kambing diberikan dengan cara ditaburkan di sekitar tanaman sesuai dengan dosis perlakuan. Pemberian pupuk organik cair (POC) dilakukan dengan cara dikocorkan pada umur 14, 21 dan 28 hari setelah tanam (HST). Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan gulma, serta pengendalian hama dan penyakit sesuai kondisi di lapangan. Panen dilakukan pada umur sekitar 45 hari setelah tanam (HST). Variabel yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, bobot segar tanaman, bobot kering tanaman dan indeks panen. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji BNT apabila terdapat pengaruh nyata.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tinggi Tanaman (cm)

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing terhadap tinggi tanaman Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata tinggi tanaman pada interaksi antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Faktor	Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha			BNJ 5%
POC Limbah Tahu 40 ml/L	9,38	b	A	7,77	a	A	8,43	a	A	1,63
POC Limbah Tahu 80 ml/L	8,03	ab	A	7,98	a	A	7,93	a	A	
POC Limbah Tahu 160 ml/L	7,02	a	A	9,12	a	B	7,67	a	AB	
BNJ 5%	1,63									

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada umur 14 HST, kombinasi perlakuan menunjukkan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Kombinasi pemberian POC limbah tahu 40 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha menghasilkan tinggi tanaman tertinggi yaitu 9,38 cm, yang berbeda nyata dengan beberapa kombinasi perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan pemberian POC limbah tahu 80 ml/L pada dosis pupuk kandang kambing yang sama. Sementara itu, tinggi tanaman terendah diperoleh pada kombinasi pemberian POC limbah tahu 160 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha yaitu sebesar 7,02 cm (Tabel 1). Secara umum, pemberian POC limbah tahu pada konsentrasi yang lebih rendah cenderung menghasilkan pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih baik dibandingkan dengan konsentrasi yang lebih tinggi. Pupuk organik juga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam dekomposisi bahan organik menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman [14].

B. Jumlah Daun (helai)

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman kale Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Perlakuan	Umur					
	7 HST	14 HST	21 HST	28 HST	35 HST	42 HST
POC Limbah Tahu 40 ml/L	5,50	6,67	7,28	8,33 b	8,61 b	10,44 b
POC Limbah Tahu 80 ml/L	5,22	6,56	7,00	7,61 a	7,83 ab	9,33 a
POC Limbah Tahu 160 ml/L	5,17	6,28	6,78	7,33 a	7,72 a	9,72 a
BNJ 5%	tn	tn	tn	0,6933	0,7768	0,9134
Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha	5,50	6,56	7,11	8,22 b	8,78 b	10,22 b
Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha	5,39	6,50	6,72	7,50 a	7,61 a	10,39 b
Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha	5,00	6,44	7,22	7,56 ab	7,78 a	8,89 a
BNJ 5%	tn	tn	tn	0,6933	0,7768	0,9134

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNJ 5%.

Berdasarkan hasil uji BNJ menunjukkan bahwa pemberian POC limbah tahu konsentrasi 40 ml/L menghasilkan jumlah daun yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 160 ml/L, namun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 80 ml/L. Pada perlakuan pupuk kandang kambing, pemberian dosis 2,31 ton/ha menunjukkan jumlah daun yang cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 3,50 ton/ha dan 4,69 ton/ha, meskipun pada beberapa perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 2). Secara umum, jumlah daun tanaman kale cenderung lebih tinggi pada pemberian POC limbah tahu dengan konsentrasi rendah hingga sedang dibandingkan dengan konsentrasi tinggi. Hal ini diduga karena pada konsentrasi yang sesuai, POC limbah tahu mampu menyediakan unsur hara terutama nitrogen yang berperan penting dalam pembentukan daun. Nitrogen merupakan unsur hara utama yang berfungsi dalam pembentukan jaringan vegetatif, sehingga ketersediaannya sangat mempengaruhi jumlah daun yang terbentuk. Sebaliknya, jumlah daun yang lebih rendah pada perlakuan tertentu diduga karena ketersediaan unsur hara dalam media tanam belum optimal sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman tidak berlangsung secara maksimal [15].

C. Luas Daun (cm)

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing terhadap luas daun Tabel 3.

Tabel 3. Rata- rata luas daun pada interaksi antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Faktor	Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha			BNJ 5%
POC Limbah Tahu 40 ml/L	28,28	b	B	17,76	a	A	14,34	a	A	8,09
POC Limbah Tahu 80 ml/L	22,74	ab	A	15,34	a	A	21,21	a	A	
POC Limbah Tahu 160 ml/L	17,49	a	A	18,19	a	A	19,19	a	A	
BNJ 5%	8,09									

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada umur 28 HST menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun tanaman kale. Kombinasi pemberian POC limbah tahu konsentrasi 40 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha menghasilkan luas daun tertinggi yaitu 28,28 cm². Nilai tersebut berbeda nyata dengan beberapa kombinasi perlakuan lainnya, namun tidak berbeda nyata dengan pemberian POC limbah tahu konsentrasi 80 ml/L pada dosis pupuk kandang kambing yang sama. Sementara itu, luas daun terendah diperoleh pada kombinasi pemberian POC limbah tahu konsentrasi 40 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 4,69 ton/ha yaitu sebesar 14,34 cm² (Tabel 3). Tingginya luas daun pada kombinasi perlakuan tersebut diduga karena pemberian POC limbah tahu yang dikombinasikan dengan pupuk kandang kambing mampu menyediakan unsur hara yang cukup bagi tanaman. Ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, berperan penting dalam proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga daun dapat berkembang lebih luas [16]. Sebaliknya, pada kombinasi perlakuan dengan luas daun yang lebih rendah diduga terjadi ketidakseimbangan unsur hara akibat peningkatan dosis pupuk kandang kambing yang tidak diimbangi dengan ketersediaan unsur hara lainnya. Hal ini menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi kurang optimal. Selain itu, pupuk organik juga berperan dalam meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang membantu proses dekomposisi bahan organik sehingga unsur hara lebih mudah tersedia bagi tanaman [17].

D. Bobot Segar (g)

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan POC Limbah Tahu Dan Pupuk Kandang Kambing terhadap bobot segar Tabel 4.

Tabel 4. Rata- rata bobot segar pada interaksi antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Faktor	Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha			BNJ 5%
POC Limbah Tahu 40 ml/L	15,80	ab	A	13,73	a	A	9,88	a	A	7,23
POC Limbah Tahu 80 ml/L	18,88	b	B	6,92	a	A	11,37	a	A	
POC Limbah Tahu 160 ml/L	8,92	a	A	12,62	a	A	11,60	a	A	
BNJ 5%	7,23									

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata

Berdasarkan hasil uji BNJ pada variabel bobot segar tanaman kale menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing memberikan pengaruh nyata terhadap bobot segar tanaman. Kombinasi pemberian POC limbah tahu konsentrasi 80 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha menghasilkan bobot segar tertinggi yaitu 18,88 g (Tabel 4). Nilai tersebut berbeda nyata dengan sebagian besar kombinasi perlakuan lainnya. Sementara itu, bobot segar terendah diperoleh pada kombinasi pemberian POC limbah tahu konsentrasi 80 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 3,50 ton/ha yaitu sebesar 6,92 g. Bobot segar tanaman berkaitan erat dengan ketersediaan unsur hara yang mendukung proses fotosintesis dan pembentukan jaringan tanaman sehingga mempengaruhi peningkatan biomassa tanaman. Hasil fotosintesis akan digunakan untuk membentuk sel tanaman sehingga berpengaruh terhadap bobot segar tanaman [18]. Sebaliknya, bobot segar yang lebih rendah pada perlakuan tertentu di duga disebabkan oleh ketersediaan unsur hara yang belum optimal, sehingga pertumbuhan tanaman tidak berlangsung secara maksimal. Bobot segar tanaman sangat dipengaruhi oleh pertumbuhan vegetatif tanaman seperti perkembangan daun dan batang yang berkaitan dengan kemampuan tanaman dalam menyerap air serta unsur hara dari media tanam [19].

E. Bobot Kering (g)

Hasil analisis ragam menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing terhadap bobot kering Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata bobot kering pada interaksi antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Faktor	Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha			Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha			BNJ 5%
POC Limbah Tahu 40 ml/L	1,743	b	A	1,369	a	A	1,017	a	A	0,73
POC Limbah Tahu 80 ml/L	1,875	b	B	0,93	a	A	1,257	a	AB	
POC Limbah Tahu 160 ml/L	0,804	a	A	1,411	a	A	1,263	a	A	
BNJ 5%	0,73									

Keterangan: Angka-angka yang didampingi huruf kecil yang sama pada kolom yang sama atau huruf besar yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata.

Berdasarkan hasil uji BNJ pada variabel bobot kering tanaman kale menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing memberikan pengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot kering tertinggi diperoleh pada pemberian POC limbah tahu konsentrasi 80 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha yaitu sebesar 1,875 g (Tabel 5). Sedangkan bobot kering terendah diperoleh pada pemberian POC limbah tahu konsentrasi 160 ml/L dengan pupuk kandang kambing dosis 2,31 ton/ha yaitu sebesar 0,804 g. Tingginya bobot kering pada kombinasi perlakuan tersebut diduga karena pemberian POC limbah tahu yang dikombinasikan dengan pupuk kandang kambing mampu menyediakan unsur hara yang cukup bagi tanaman sehingga proses fotosintesis berlangsung secara optimal. Hasil fotosintesis yang terbentuk akan ditranslokasikan dan terakumulasi dalam jaringan tanaman sehingga meningkatkan bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman menggambarkan hasil akhir dari proses fotosintesis yang terjadi selama pertumbuhan tanaman [20]. Bobot yang lebih rendah pada perlakuan tertentu diduga karena ketersediaan unsur hara yang diserap tanaman belum optimal, sehingga akumulasi bahan kering yang terbentuk lebih rendah. Selain itu, pemberian pupuk organik diketahui dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga meningkatkan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman dan mendukung pertumbuhan tanaman secara lebih baik [21].

F. Indeks Panen

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing tidak berbeda nyata terhadap indeks panen tanaman kale disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata indeks panen pada perlakuan antara POC Limbah Tahu dan Pupuk Kandang Kambing

Perlakuan	Indeks Panen
POC Limbah Tahu 40 ml/L	0,79
POC Limbah Tahu 80 ml/L	0,74
POC Limbah Tahu 160 ml/L	0,79
BNJ 5%	tn
Pupuk Kandang Kambing 2,31 ton/ha	0,78
Pupuk Kandang Kambing 3,50 ton/ha	0,79
Pupuk Kandang Kambing 4,69 ton/ha	0,75
BNJ 5%	tn

Keterangan: tn = tidak berbeda nyata pada uji BNJ taraf 5%.

Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing tidak berpengaruh nyata terhadap indeks panen tanaman kale nilai indeks panen pada perlakuan POC limbah tahu berkisar antara 0,74–0,79, sedangkan pada perlakuan pupuk kandang kambing berkisar antara 0,75–0,79. Meskipun terdapat perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan, namun secara statistik perbedaan tersebut menunjukkan pengaruh yang tidak nyata pada taraf uji BNJ (Tabel 6). Hal ini diduga karena distribusi hasil fotosintesis antara bagian vegetatif dan bagian hasil tanaman relatif seimbang pada setiap perlakuan. Indeks panen menggambarkan perbandingan antara hasil ekonomis dengan total biomassa tanaman, sehingga apabila distribusi asimilat ke organ tanaman relatif sama maka nilai indeks panen yang dihasilkan juga tidak menunjukkan perbedaan yang nyata [22].

VII. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat interaksi yang nyata antara pemberian pupuk organik cair (POC) limbah tahu dan dosis pupuk kandang kambing terhadap variabel tinggi tanaman, luas daun, bobot segar, dan bobot kering. Sementara itu, perlakuan POC limbah tahu dan pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap variabel jumlah daun, namun tidak berpengaruh nyata terhadap indeks panen. Kombinasi perlakuan konsentrasi POC limbah tahu 40-80 ml L⁻¹ dan pupuk kandang kambing 37 g polibag⁻¹ mampu memberikan hasil panen yang baik dengan bobot segar berkisar antara 15,80-18,88 g.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pertama penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta atas doa, dukungan, dan kasih sayang yang selalu menguatkan dalam setiap proses. Terima kasih turut disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu hingga skripsi ini dapat tersusun dengan baik.

Terakhir, penulis mengapresiasi diri sendiri karena telah bertahan sejauh ini untuk setiap malam yang dihabiskan dalam kelelahan, setiap pagi yang disambut dengan keraguan, di saat harus membagi waktu antara pekerjaan, tanggung jawab akademik, dan perjalanan perasaan yang tidak selalu berjalan sesuai harapan, namun tetap memilih untuk melangkah dan menyelesaikan apa yang telah dimulai.

REFERENSI

- [1] Laki A., M. A. Wahyuningrum, And D. R. Nurjasm, “Pengaruh Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kale (Brassica Oleracea Acephala) Sistem Vertikultur,” 2021. [Online]. Available: [Http://Ejournal.Urindo.Ac.Id/Index.Php/Pertanian](http://Ejournal.Urindo.Ac.Id/Index.Php/Pertanian)
- [2] Nika Pranggana Aranda, Bambang Budi Santoso, And Irwan Muthahanas, “Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair (Poc) Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.),” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, Vol. 2, No. 1, Pp. 37–44, Feb. 2023, Doi: 10.29303/Jima.V2i1.2289.
- [3] Sunaryo And Rahmatiyah Rahmatiyah, “Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Hasil Fermentasi Menggunakan Em4, Air Kelapa & Gula Sebagai Pupuk Organik Cair,” *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, Vol. 1, No. 2, Pp. 35–49, Jun. 2024, Doi: 10.62951/Hidroponik.V1i2.59.
- [4] Praysela B. Kawuwung A, “Pemanfaatan Limbah Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair Di Kelurahan Batu Kota Bawah Kecamatan Malalayang,” Vol. 22, 2024.
- [5] D. Frisda, G. Fitri, A. Haris, And S. Hs, “Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Sayur Dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Kale (Brassica Oleracea Var,” 2024. [Online]. Available: [Https://Jurnal.Fp.Umi.Ac.Id/Index.Php/Agrotekmas](https://Jurnal.Fp.Umi.Ac.Id/Index.Php/Agrotekmas)
- [6] M. Esmeralda Butar Butar, H. Ernawati Nur Chusnul Chotimah, D. Saraswati, W. Widyawati, Z. Damanik Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian, And U. Palangka Raya, “Pengaruh Pupuk Kotoran Kambing Dan Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Sawi Pagoda (Brassica Narinosa L) Dan Derajat Kemasaman Tanah Gambut Pedalaman The Effect Of Goat Manure And Npk Fertilizers On The Growth Of Pagoda Mustard Greens (Brassica Narinosa L) And Inland Peat Soils Acidity.”
- [7] Sulistyawati D., *Et Al.*, “The Effects Of Goat Manure Dosage And Inorganic Fertilizer On Growth And Yield Of Sweet Corn (Zea Mays Var.Saccharata Sturt.)” Vol. 11, No. 4, P. 89, 2025, Doi: 10.26418/Pedontropika.V9i1.87876.
- [8] H. Margan Asparingga And N. Widyawati, “Pengaruh Konsentrasi Pupuk Organik Cair Daun Gamal Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (Brassica Rappa L.) Varietas Flaminggo,” *National Multidisciplinary Sciences*, Vol. 2, No. 3, Pp. 174–178, May 2023, Doi: 10.32528/Nms.V2i3.281.
- [9] Rizki, R. Hayati, And B. Widiarso, “Pemberian Kombinasi Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk N, P, K Terhadap Serapan Unsur Hara N, P, K Serta Hasil Tanaman Jagung (Zea Mays L.) Di Tanah Ultisol,” Vol. 11, No. 2, P. 89, 2025, Doi: 10.26418/Pedontropika.V9i1.87876.
- [10] Budya Satata1, “Pengaruh Tiga Jenis Pupuk Kotoran Ternak (Sapi, Ayam, Dan Kambing) Terhadap Pertumbuhan Dan Produksi Rumput Brachiaria Humidicola”.
- [11] Avzhelin Kusuma Audrin*, “Pengaruh Pemberian Dosis Pupuk Kandang Kambing Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Bayam Merah Pada Beberapa Jenis Tanah,” Vol. 1, Sep. 2023.
- [12] A. Fatmawati, S. Joko Santosa, And K. Triyono, “Kajian Dosis Pupuk Kandang Kambing Dan Pupuk Organik Cair Limbah Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Pulut (Zea Mays Ceratina),” *Jurnal Inovasi Pertanian*, Vol. 23, No. 1, 2021.
- [13] C. Ardira Pratama, N. Kesumawati, R. Harini, And E. Oktavidiati, “Respon Pemberian Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair Komersil Dan Dosis Pupuk Kandang Kambing Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Pakcoy (Brassica Rapa L.)”.
- [14] Nika Pranggana Aranda, Bambang Budi Santoso, And Irwan Muthahanas, “Pengaruh Pemberian Pupuk Organik Cair (Poc) Limbah Cair Tahu Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (Brassica Juncea L.),” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, Vol. 2, No. 1, Pp. 37–44, Feb. 2023, Doi: 10.29303/Jima.V2i1.2289.
- [15] S. Saroni, A. Meilani, And P. Studi Pendidikan Biologi, “Pemanfaatan Limbah Cair Industri Tahu Sebagai Pupuk Organik Cair (Poc) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (Brassica Juncea L.)” [Online]. Available: [Http://Jurnal.Umb.Ac.Id/Index.Php/Jrips/](http://Jurnal.Umb.Ac.Id/Index.Php/Jrips/)
- [16] Fitra Yunanda, I Nyoman Soemeinaboedhy, And I Putu Silawibawa, “Pengaruh Pemberian Berbagai Pupuk Organik Terhadap Sifat Fisik Tanah, Kimia Tanah, Dan Produksi Kacang Tanah (Arachis Hypogaea L.) Di Kecamatan Kediri,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, Vol. 1, No. 3, Pp. 294–303, Jan. 2023, Doi: 10.29303/Jima.V1i3.2148.
- [17] Zilvina. B. F. Mery Merlina Widianingsih1, “Pengaruh Penggunaan Pupuk Organik Terhadap Sifat Biologi Tanah,” *Jurnal Psikososial Dan Pendidikan*, Vol. 1, Jun. 2025.
- [18] Affudin, E. Agustina, N. F. Firdhausi, And R. Irawanto, “Respon Tanaman Daun Tombak (Sagittaria Lancifolia) Dalam Cekaman Logam Berat Tembaga (Cu),” *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains Dan Teknologi*, Vol. 7, No. 2, P. 87, Jun. 2022, Doi: 10.36722/Sst.V7i2.1118.
- [19] Anjani B., Bambang Budi Santoso, And Sumarjan, “Pertumbuhan Dan Hasil Sawi Pakcoy (Brassica Rapa L.) Sistem Tanam Wadah Pada Berbagai Dosis Pupuk Kascing,” *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, Vol. 1, No. 1, Pp. 1–9, Jun. 2022, Doi: 10.29303/Jima.V1i1.1091.
- [20] S. Rosniawaty *Et Al.*, “Dry Weight Accumulation And Chlorophile Index Of Cocoa Seedling Due To The Application Of Coconut Water With Different Concentrations.”

- [21] Y. Pristika Efendy, H. Suhardjono, And D. Widiwurjani, “Efendy Et Al: Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi Pakcoy (Brassica Rapa L Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Sawi Pakcoy (Brassica Rapa L.) Yang Dibudidayakan Pada Berbagai Komposisi Media Tanam Dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair Dengan Sistem Vertikultur Growth And Yield Of Pakcoy Mustard (Brassica Rapa L.) Growing On Various Compositions Of Planting Media And Concentration Of Liquid Organic Fertilizer Using Verticulture System,” 2024.
- [22] A. Wahyuningsih *Et Al.*, “Pengaruh Campuran Media Tanam Dan Pemberian Beberapa Jenis Pupuk Poc Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kale (Brassica Oleracea Var.Acephala),” 2025.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.