

The Effect of Biofertilizer on the Incubation of Cattle Manure of Kailan (*Brassica oleraceae*)

Firmansyah Nur Asyhad¹, Aisyah^{1*}, Moh. Ega Elman Miska¹, Dinda Helma Saputry¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma, Jakarta, Indonesia;

Article History

Received : March 25th, 2025

Revised : April 15th, 2025

Accepted : April 27th, 2025

*Corresponding Author: **Aisyah**,
Program Studi Agroteknologi,
Fakultas Teknologi Industri,
Universitas Gunadarma, Jakarta,
Indonesia;
Email:
aisyahmp@staff.gunadarma.ac.id

Abstract: The production of kailan can be improved by maintaining soil fertility. This study aims to determine the effect of incubation duration and biofertilizer application, as well as the interaction between incubation duration and biofertilizer application, on the growth and yield of kailan plants. The study used a Completely Randomized Design (CRD) with two factors. The first factor was incubation duration with four treatment levels: no incubation (I0), 1-week incubation (I1), 2-week incubation (I2), and 3-week incubation (I3). The second factor was the application of biofertilizer at three concentration levels: no biofertilizer (D0), biofertilizer application at 15 ml/L (D1), and biofertilizer application at 30 ml/L (D2). The results showed that the incubation of cattle manure significantly affected the growth and yield of kailan plants. Cattle manure incubation affected plant height, number of leaves, stem diameter, leaf area, fresh plant weight, fresh shoot weight, dry shoot weight, fresh root weight, and dry root weight, especially during the 3-week incubation (I3). Biofertilizer application affected plant height, stem diameter, and fresh plant weight at concentrations of 15 ml/L (D1) and 30 ml/L (D2).

Keywords: Biofertilizer, compound fertilizer, fertilizer concentration, incubation duration, liquid phosmit.

Pendahuluan

Keluarga sawi-sawi (Brassicaceae) mencakup tanaman sayur kailan (*Brassica oleraceae*). Salah satu tanaman yang memiliki nilai komersial cukup besar dan potensi budidaya yang baik adalah kailan. Meskipun permintaan masyarakatnya tinggi dan prospeknya menjanjikan, produksi kailan Indonesia bervariasi, awalnya mencapai 1.413.060 ton pada tahun 2019, kemudian turun menjadi 1.406.985 ton pada tahun 2020, dan kemudian naik menjadi 1.434.670 ton pada tahun 2021 (BPS, 2022). Kesuburan tanah merupakan salah satu dari sekian banyak penyebabnya. Karakteristik biologis, fisik, dan kimia tanah—tempat sistem perakaran tanaman berada—menentukan kesuburan tanah, sehingga menjadi faktor krusial dalam budidaya tanaman. Karena

kebutuhan nutrisi tanaman tidak terpenuhi atau tidak tersedia, tanah yang tidak subur dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Semakin banyak nutrisi tanaman yang tersedia, semakin subur tanah tersebut; sebaliknya, semakin sedikit nutrisi yang tersedia, semakin tidak subur tanah tersebut (Kadir *et al.*, 2023).

Salah satu mineral yang dibutuhkan tanaman kangkung adalah nitrogen (N). Unsur hara N tergolong sebagai salah satu unsur hara yang dibutuhkan tanaman karena perannya yang sangat penting selama fase vegetatif. Bahan organik sangat penting dalam memasok unsur hara tambahan seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), pertanian organik dapat meningkatkan kesuburan tanah. Kotoran hewan, baik cair maupun padat, digunakan untuk membuat pupuk kandang, pupuk organik. Pupuk kandang bermanfaat bagi

tanaman karena dapat memasok nutrisi dan meningkatkan sifat biologis, fisik, dan kimia tanah. Kotoran sapi merupakan salah satu sumber daya organik yang dapat ditambahkan ke tanah untuk meningkatkan kandungan N dan C (karbon).

Pengomposan dipengaruhi oleh rasio C/N; semakin rendah rasio C/N bahan, semakin sedikit waktu yang dibutuhkan kompos untuk terurai. Hal ini memerlukan prosedur inkubasi yang dirancang untuk mempertahankan kapasitas lapang dan memungkinkan penguraian limbah organik secara ideal. Inkubasi digunakan untuk memastikan bahwa tanah dan bahan organik bereaksi dengan baik sehingga tanaman dapat menerima nutrisi (Siregar & Fauzi, 2017). Menurut penelitian Banurea tahun 2021, kotoran sapi secara signifikan mempengaruhi berat tanaman Kailan.

Tanaman kedelai yang ditanam dengan biofertilizer senyawa fosfo cair menunjukkan pertumbuhan yang baik dari segi tinggi, jumlah daun, dan indeks panen (Widawati, 2012). Sedangkan untuk lama inkubasi bahan organik, diketahui bahwa dengan membiarkan bahan organik terinkubasi selama tiga minggu akan membantu menurunkan rasio C/N pada tanah jagung (Nariratih *et al.*, 2013). Sementara itu, Wijaya *et al.*, (2023) melaporkan bahwa masa inkubasi pupuk kandang selama 21 hari (3 minggu) menghasilkan pertumbuhan dan produksi jagung terbaik. Berat segar tanaman kangkung dapat dipengaruhi oleh pemberian biofertilizer dengan konsentrasi 30 mililiter per tanaman (Setiyono & Mubarak, 2022). Hal ini menjadi latar belakang untuk mempelajari bagaimana biofertilizer mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman *Brassica oleraceae* (kangkung) ketika kotoran sapi diinkubasi.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat

Penelitian berlangsung selama bulan Mei – Juli 2023 di *Greenhouse* UG Technopark, Desa Jamali, Kecamatan Mande, Kabupaten Cijaur, Jawa Barat. Analisis awal dan akhir media tanam penelitian dilakukan di *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology* (ICBB), Bogor.

Desain penelitian

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) Faktorial. Faktor pertama adalah lama inkubasi yang terdiri dari 4 taraf yaitu: tanpa inkubasi (I0), inkubasi 1 minggu (I1), inkubasi 2 minggu (I2) dan inkubasi 3 minggu (I3). Faktor kedua adalah ketersediaan tiga tingkat konsentrasi pupuk organik senyawa fosmit cair: D0 (tanpa pupuk organik), D1 (15 ml/L), dan D2 (30 ml/L). Penelitian ini mencakup 12 kombinasi perlakuan dengan 4 kali ulangan, sehingga menghasilkan 48 unit percobaan yang masing-masing berisi satu tanaman, sehingga total tanaman uji adalah 48 tanaman.

Parameter pengamatan yang digunakan adalah tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), diameter batang (mm), luas daun (cm²), bobot segar tanaman (g), bobot basah tajuk (g), bobot basah akar (g), bobot kering tajuk (g), dan bobot kering akar (g). Data penunjang yang digunakan adalah C-Organik, ketersediaan Nitrogen, derajat keasaman (pH), dan kadar air tanah awal dan akhir yang diperoleh dari pengujian sampel di Laboratorium ICBB.

Prosedur penelitian

1. Penelitian ini diawali dengan melakukan fermentasi pupuk hayati majemuk phosmit cair selama 48 jam guna mengaktifkan mikroba yang terkandung.
2. Fermentasi dilakukan dengan menambahkan pupuk hayati dengan urea dan gula pasir.
3. Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini adalah campuran tanah dan pupuk kandang sapi dengan perbandingan 3:2.
4. Benih Kailan Varietas Nemo disemai pada tray semai dengan menggunakan media arang sekam.
5. Penyiraman semaian dilakukan 2 kali sehari pada pagi dan sore hari.
6. Selanjutnya, bibit kailan yang telah memiliki 3-4 daun dan memiliki kondisi tanaman yang sehat, tidak cacat dan seragam dipindahtanam ke polybag ukuran 35x35 cm.

Analisis data penelitian

Data penelitian yang diperoleh dilakukan uji sidik ragam (Analysis of variance/ANOVA) pada taraf nyata 5%. Jika hasil analisis

menunjukkan perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Pengujian ini menggunakan program Statistical Analysis System (SAS) window 9.0.

Hasil dan Pembahasan

Tinggi tanaman

Dampak durasi inkubasi dan aplikasi

biofertilizer terhadap tinggi tanaman rata-rata pada 1–6 minggu pasca tanam (MST) ditampilkan pada Tabel 1. Pada 3-6 MST, Tabel 1 menunjukkan bahwa terapi inkubasi memiliki dampak yang substansial. Perlakuan inkubasi 3 minggu (I3) memiliki tanaman Kailan tertinggi (37,2167 cm), sedangkan tanpa perlakuan (I0) memiliki tanaman terkecil (32,9500 cm).

Tabel 1. Pengaruh perlakuan lama inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata tinggi tanaman kailan pada 1 sampai 6 minggu setelah tanam (MST)

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST
Lama Inkubasi (Minggu)						
Tanpa inkubasi (I0)	6.7500 a	9.4750 a	11.7667 a	17.4250 a	24.000 a	32.9500 a
Inkubasi 1 Minggu (I1)	6.8000 a	9.4917 a	16.2250 b	22.6083 b	29.9917 b	34.8000 ab
Inkubasi 2 Minggu (I2)	6.4500 a	9.7333 a	16.4833 bc	22.2917 b	30.0667 b	34.9500 ab
Inkubasi 3 Minggu (I3)	6.4500 a	10.000 a	17.5000 c	22.4417 b	30.3417 b	37.2167 b
Konsentrasi pupuk hayati (ml/L)						
Tanpa pupuk hayati (D0)	6.6750 a	9.5125 a	15.2875 a	20.4938 a	27.6813 a	34.4813 a
15 ml/L(D1)	6.6438 a	9.7500 a	15.3437 a	21.0125 ab	28.3750 ab	34.7750 a
30 ml/L(D2)	6.5188 a	9.7625 a	15.8500 a	22.0688 b	29.7438 b	35.6812 a
Interaksi	tn	tn	tn	tn	*	*

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf nyata 5%, tn=tidak berbeda nyata pada uji F 5%, * = berbeda nyata pada uji F 5%.

Hal ini disebabkan oleh meningkatnya pH tanah dan kapasitas tukar kation (CEC), yang memengaruhi seberapa baik tanaman menyerap nitrogen, fosfor, dan kalium yang semuanya mendukung pertumbuhan tanaman kangkung. Selain itu, semakin tinggi CEC tanah, semakin banyak kation basa yang dapat ditahan dan dicegah agar tidak tercuci, yang meningkatkan

kesuburan tanah (Major *et al.*, 2009). Tanaman kangkung tertinggi, dengan tinggi rata-rata 38,3500 cm, ditemukan pada perlakuan inkubasi 3 minggu dengan biofertilizer 30 ml/K (I3D2), menurut Tabel 2. Perlakuan tanpa inkubasi dan tanpa inkubasi memiliki tinggi tanaman terendah, berukuran 26,6250 cm.

Tabel 2. Interaksi pengaruh inkubasi dengan pupuk hayati terhadap rata-rata tinggi tanaman kailan pada 6 MST

Lama Inkubasi(Minggu)	Konsentrasi Pupuk Hayati (ml/L)		
	Tanpa pupuk hayati (D0)	Pupuk hayati 15ml/L (D1)	Pupuk hayati 30ml/L (D2)
Tanpa inkubasi (I0)	26.6250 a	30.0500 ab	30.0500 ab
Inkubasi 1 minggu (I1)	34.2500 bc	36.0000 c	36.3500 c
Inkubasi 2 minggu (I2)	36.9500 c	36.9500 c	37.8500 c
Inkubasi 3 minggu (I3)	37.9750 c	38.3500 c	38.3500 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Jumlah daun

Dampak inkubasi dan aplikasi biofertilizer terhadap jumlah rata-rata daun pada tanaman kangkung pada 1-6 MST ditampilkan dalam Tabel 3. Menurut Tabel 3, jumlah rata-rata daun pada tanaman tanpa inkubasi jauh

lebih rendah daripada setelah 1-3 minggu inkubasi, yang menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi memiliki dampak yang signifikan pada 3-6 MST. Jumlah rata-rata daun dalam perlakuan biofertilizer tidak berbeda secara signifikan dari 1-6 MST, menurut hasil (Tabel

3).

Tabel 3. Pengaruh faktor inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata jumlah daun tanaman kailan pada 1 sampai 6 MST

Perlakuan	Jumlah Helai Daun (helai)					
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST
Lama Inkubasi (Minggu)						
Tanpa inkubasi (I0)	3.3250 a	4.7333 a	5.9667 a	7.7750 a	9.3250 a	10.8000 a
Inkubasi1 Minggu (I1)	3.5000 a	4.7667 a	6.9750 b	8.8000 b	10.1000 b	11.8333 b
Inkubasi 2 Minggu (I2)	3.5583 ab	4.8833 a	7.0000 b	8.8083 b	10.2250 b	11.9333 b
Inkubasi 3 Minggu (I3)	3.6333 b	4.9333 a	7.0000 b	9.0333 b	10.3833 b	11.9583 b
Konsentrasi pupuk hayati (ml/L)						
Tanpa pupuk hayati (D0)	3.4875 a	4.8250 a	6.6750 a	8.5375 a	9.8813 a	11.5000 a
15 ml/L(D1)	3.5312 a	4.8750 a	6.7250 a	8.5438 a	10.0438 a	11.6563 a
30 ml/L(D2)	3.5312 a	4.7875 a	6.8063 a	8.7313 a	10.1000 a	11.7375 a
Interaksi	tn	tn	*	*	tn	tn

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf nyata 5%, tn=tidak berbeda nyata pada uji F 5%, * = berbeda nyata pada uji F 5%.

Sifatnya pelepasan pupuk organik yang bertahap, yang memberi tanaman waktu untuk menyerap nutrisi yang dikandungnya, hal ini mungkin terjadi karena tanaman tidak sepenuhnya menyerap pupuk yang diberikan kepada mereka. Hal ini mendukung temuan Ichsan *et al.*, (2016), yang menemukan bahwa agar tanaman lebih mudah menyerap nutrisi dalam pupuk organik, diperlukan proses mineralisasi. Pada 3 dan 4 MST, terdapat perbedaan yang signifikan dalam jumlah rata-

rata daun ketika efek inkubasi dan pupuk organik digabungkan. Jumlah rata-rata daun pada 4 MST ditampilkan dalam Tabel 4 bersama dengan waktu inkubasi dan pupuk organik. Dengan rata-rata 9,2750 daun, perlakuan inkubasi 3 minggu (I3) dan pupuk organik 30 ml/L (I3D2) memiliki daun terbanyak, menurut data, sedangkan perlakuan tanpa inkubasi dan pupuk organik memiliki daun paling sedikit (7,2500).

Tabel 4. Interaksi pengaruh inkubasi dengan pupuk hayati terhadap rata-rata jumlah daun tanaman pada 4 MST

Lama Inkubasi (Minggu)	Konsetrasi Pupuk Hayati (ml/L)		
	Tanpa Pupuk hayati (D0)	Pupuk hayati 15 ml/L (D1)	Pupuk hayati 30 ml/L (D2)
Tanpa inkubasi (I0)	7.2500 a	7.7500 ab	8.3250 bc
Inkubasi 1 Minggu (I1)	8.3250 bc	8.3250 bc	8.8250 c
Inkubasi 2 Minggu (I2)	8.8250 c	9.0000 c	9.0000 c
Inkubasi 3 minggu (I3)	9.0750 c	9.2750 c	9.2750 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Diameter batang

Dampak biofertilizer dan inkubasi terhadap diameter batang rata-rata tanaman Kailan pada 1–6 MST ditampilkan dalam Tabel 5. Dari 1 hingga 6 MST, terapi inkubasi memiliki dampak yang substansial, seperti yang

ditunjukkan pada Tabel 6. Setelah tiga minggu inkubasi (I3), diameter batang rata-rata terbesar adalah 7,3000 mm (6 MST), sedangkan yang terkecil adalah 5,8000 mm (6 MST) tanpa inkubasi.

Tabel 5. Pengaruh inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata diameter batang kailan pada 1 sampai 6 MST

Perlakuan	Diameter batang (mm)					
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST

Lama Inkubasi (Minggu)						
Tanpa inkubasi (I0)	0.8167 a	1.1500 a	1.4500 a	2.0417 a	3.5750 a	5.8000 a
Inkubasi1 Minggu (I1)	0.9750 b	1.1750 ab	1.9083 a	3.1417 b	5.2667 b	6.5417 ab
Inkubasi 2 Minggu (I2)	1.0417 c	1.2167 b	1.9167 a	3.2000 b	5.4250 b	7.2667 b
Inkubasi 3 Minggu (I3)	1.1500 c	1.2333 b	1.9417 a	3.3167 b	5.4250 b	7.3000 b
Konsentrasi pupuk hayati (ml/L)						
Tanpa pupuk hayati (D0)	0.9750 a	1.1813 a	1.7500 a	2.8188 a	4.7438 a	6.1813 a
15 ml/L(D1)	0.9875 a	1.2000 a	1.8063 a	2.9000 a	4.9125 a	6.6500 a
30 ml/L(D2)	1.0250 a	1.2000 a	1.8562 a	3.0563 a	5.1125 a	7.3500 b
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	*

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf nyata 5%, tn=tidak berbeda nyata pada uji F 5%, * = berbeda nyata pada uji F 5%.

Rata-rata diameter batang pada 6 MST sangat dipengaruhi oleh kombinasi inkubasi dan aplikasi pupuk hayati. Dengan nilai 8,0000 cm, diameter batang kangkung maksimum diamati pada perlakuan inkubasi 3 minggu dan pupuk hayati 30 mL/L (I3D2), sedangkan rata-rata diameter batang terpendek diamati pada tidak adanya inkubasi dan pupuk hayati (I0D0), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Hal ini karena ada nutrisi yang tersedia untuk

dikonsumsi tanaman, yang memungkinkan pertumbuhan tanaman lebih lanjut, termasuk diameter batang tanaman. Pertumbuhan dan hasil tanaman berkorelasi dengan ketersediaan nutrisi yang dapat diserap tanaman dan digunakan untuk aktivitas metabolisme (Munawwar, 2011). Perkembangan diameter batang akan berdampak positif pada proses metabolisme tanaman yang sedang tumbuh.

Tabel 6. Interaksi pengaruh inkubasi dengan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata diameter batang

Lama Inkubasi(Minggu)	Konsentrasi Pupuk Hayati (ml/L)		
	Tanpa Pupuk hayati (D0)	Pupuk hayati 15 ml/L (D1)	Pupuk hayati 30 ml/L (D2)
Tanpa inkubasi (I0)	4.2000 a	5.8000 b	7.4000 cd
Inkubasi 1 Minggu (I1)	6.6250 bcd	6.0000 bc	7.0000 bcd
Inkubasi 2 Minggu (I2)	7.1500 bcd	7.6500 d	7.0000 bcd
Inkubasi 3 minggu (I3)	6.7500 bcd	7.1500 bcd	8.0000 d

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Luas daun

Tabel 7 menunjukkan pengaruh inkubasi dan pemberian biofertilizer terhadap rata-rata luas daun tanaman Kailan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inkubasi memberikan pengaruh yang signifikan terhadap rata-rata luas daun tanaman yang dihasilkan, dengan tidak ada perbedaan yang signifikan antara perlakuan

inkubasi 1 dan 3 minggu. Namun, inkubasi 3 minggu menghasilkan rata-rata luas daun yang lebih besar yaitu 300,5500 cm², sedangkan rata-rata luas daun tanpa inkubasi memiliki nilai terendah yaitu 161,2383 cm². Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen yang sangat penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Tabel 7. Pengaruh inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata luas daun kailan

Perlakuan	Luas daun (cm²)
Lama Inkubasi (Minggu)	
Tanpa inkubasi (I0)	161.2383 a
Inkubasi 1 minggu (I1)	279.2167 b
Inkubasi 2 minggu (I2)	287.0250 b
Inkubasi 3 minggu (I3)	300.5500 b
Konsentrasi Pupuk Hayati (ml/L)	

Tanpa pupuk hayati (D0)	250.1188 a
15 ml/L (D1)	252.7875 a
30 ml/L (D2)	268.2063 a
Interaksi	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Konsentrasi D2 lebih tinggi, yaitu 268,2063 cm², namun rata-rata luas daun tanaman kangkung yang diberi pupuk hayati tidak berbeda nyata dengan tanaman yang tidak diberi pupuk hayati. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pemberian konsentrasi pupuk hayati berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman, termasuk luas daun, karena luas daun yang lebar memungkinkan tanaman menyerap sumber energi cahaya.

Bobot segar tanaman

Tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi dan penggunaan biofertilizer berdampak nyata terhadap berat segar rata-rata tanaman terendah tanpa inkubasi, yaitu sebesar 36,5500 g. Tidak terdapat perbedaan nyata pada berat segar rata-rata tanaman yang diinkubasi selama 1 hingga 3 minggu, tetapi berat segar rata-rata tanaman yang diinkubasi selama 3 minggu (I3) lebih tinggi, khususnya sebesar 107,1083 g. Dampak biofertilizer dan inkubasi terhadap berat segar rata-rata tanaman kangkung yang dihasilkan ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata bobot segar tanaman kailan

Perlakuan	Bobot segar tanaman (g)
Lama Inkubasi (Minggu)	
Tanpa inkubasi (I0)	36.5500 a
Inkubasi 1 minggu (I1)	94.6833 b
Inkubasi 2 minggu (I2)	100.3417 b
Inkubasi 3 minggu (I3)	107.1083 b
Konsentrasi Pupuk Hayati (ml/L)	
Tanpa pupuk hayati (D0)	74.1062 a
15 ml/L (D1)	87.5188 ab
30 ml/L (D2)	92.3875 b
Interaksi	*

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf nyata 5%, tn=tidak berbeda nyata pada uji F 5%, * = berbeda nyata pada uji F 5%.

Pemberian biofertilizer (D3) 30 ml/l yang mempunyai berat segar rata-rata tertinggi (92,3875 g) dan berat segar rata-rata terendah (74,1062 g) tanpa biofertilizer, hasil penelitian menunjukkan besarnya dampak perlakuan biofertilizer (Tabel 7). Interaksi perlakuan inkubasi dan pupuk hayati memiliki nilai yang berbeda secara signifikan, dengan perlakuan inkubasi 3 minggu dan pupuk hayati 30 ml/L (I3D3) memiliki nilai tertinggi (109,1250 g) dan nilai terendah (I0D0) dengan nilai 26,3500 g

(Tabel 9).

Berat segar tanaman dapat ditingkatkan dengan meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun, yang menunjukkan bahwa perlakuan tersebut membuat nutrisi tersedia untuk diserap tanaman, menurut Tripama *et al.* (2018). Ada korelasi antara berat segar dengan tinggi tanaman dan jumlah daun. Jumlah total fotosintat yang dihasilkan selama pertumbuhan tanaman dikenal sebagai berat segar tanaman.

Tabel 9. Interaksi Pengaruh inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap rata-rata bobot segar tanaman kailan

Lama Inkubasi(Minggu)	Konsentrasi Pupuk Hayati (ml/L)		
	Tanpa Pupuk hayati (D0)	Pupuk hayati 15 ml/L (D1)	Pupuk hayati 30 ml/L (D2)
Tanpa inkubasi (I0)	26.3500 a	35.8000 a	59.5750 ab
Inkubasi 1 Minggu (I1)	93.1000 bc	94.8500 bc	94.8500 bc
Inkubasi 2 Minggu (I2)	97.2000 bc	97.2000 bc	105.1250 c
Inkubasi 3 minggu (I3)	107.1000 c	107.3500 c	109.1250 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Bobot tajuk dan akar

Tabel 10 menampilkan berat basah dan kering rata-rata pucuk dan akar tanaman kangkung. Tabel tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi memiliki dampak substansial pada berat basah rata-rata, berat kering, berat basah, dan berat kering pucuk, serta akar. Sebelum dan setelah perlakuan inkubasi selama satu hingga tiga minggu, berat rata-rata pucuk dan akar menurun. Sementara berat basah rata-rata pucuk, berat kering pucuk, berat basah akar, dan berat kering akar tidak

berbeda secara signifikan dalam perlakuan pupuk hayati, Tabel 10 menampilkan berat basah rata-rata pucuk setelah tiga minggu inkubasi (I3) sebesar 99,3667 g atau 1,0917 g. Hal ini menunjukkan bahwa berat basah rata-rata pucuk, berat kering pucuk, berat basah akar, dan berat kering akar tanaman kangkung dapat ditingkatkan dengan menyesuaikan periode inkubasi dan menerapkan konsentrasi pupuk hayati. Hasilnya lebih baik daripada yang diperoleh ketika tidak satu pun dari perlakuan ini diterapkan.

Tabel 10. Pengaruh inkubasi dan pemberian pupuk hayati terhadap bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar dan bobot kering akar

Perlakuan	Bobot basah tajuk (g)	Bobot kering tajuk (g)	Bobot basah akar (g)	Bobot kering akar (g)
Lama Inkubasi (Minggu)				
Tanpa inkubasi (I0)	38.7167 a	4.0000 a	1.8417 a	0.4667 a
Inkubasi 1 minggu (I1)	90.5000 b	8.7250 b	4.4250 b	0.8083 ab
Inkubasi 2 minggu (I2)	98.7833 b	9.8917 b	6.0000 b	1.0750 b
Inkubasi 3 minggu (I3)	99.3667 b	9.9250 b	6.0167 b	1.0917 b
Konsetrasi Pupuk Hayati (ml/L)				
Tanpa pupuk hayati (D0)	76.9188 a	7.4875 a	4.0000 a	0.7563 a
15 ml/L (D1)	82.4625 a	8.2687 a	4.6563 a	0.8563 a
30 ml/L (D2)	86.1438 a	8.6500 a	5.0563 a	0.9688 a
Interaksi	tn	tn	tn	*

Keterangan: Angka-angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji lanjut DMRT taraf nyata 5%, tn=tidak berbeda nyata pada uji F 5%, * = berbeda nyata pada uji F 5%.

Hubungan antara perlakuan inkubasi dengan pemberian biofertilizer dapat dilihat pada Tabel 11. Perlakuan inkubasi selama 3 minggu dengan pemberian biofertilizer 30 ml/l (I3D2) menghasilkan berat kering rata-rata yang

lebih besar dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sedangkan nilai terkecil diperoleh tanpa perlakuan dan tanpa biofertilizer yaitu 26,3500 g, seperti yang terlihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Interaksi pengaruh inkubasi dengan pupuk hayati terhadap rata- rata bobot kering akar tanaman (g) pada 6 MST

Lama Inkubasi(Minggu)	Pupuk Hayati (ml/L)		
	Tanpa Pupuk hayati (D0)	Pupuk hayati 15 ml/L (D1)	Pupuk hayati 30 ml/L (D2)

Tanpa inkubasi (I0)	26.3500 a	35.8000 a	59.5750 ab
Inkubasi 1 minggu (I1)	93.1000 bc	94.8500 bc	94.8500 bc
Inkubasi 2 minggu (I2)	97.2000 bc	97.2000 bc	105.1250 c
Inkubasi 3 minggu (I3)	107.1000 c	107.3500 c	109.1250 c

Keterangan; Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan perlakuan yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf nyata 5%.

Pembahasan

Tinggi tanaman

Hasil analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa tinggi tanaman kangkung pada umur 5 dan 6 MST akhir periode pengamatan dipengaruhi secara nyata ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi, pemberian pupuk hayati, dan kombinasi keduanya. Nilai rata-rata tinggi tanaman ditunjukkan pada Tabel 3. Rata-rata pertumbuhan tinggi tanaman per minggu ditunjukkan pada Gambar 2. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3, perlakuan tanpa inkubasi menghasilkan rata-rata tinggi tanaman terendah (32,9500 cm), sedangkan inkubasi pupuk kandang sapi selama tiga minggu menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi (37,2167 cm). Sejalan dengan Nita *et al.*, (2018), yang menemukan bahwa penambahan bahan organik dan membiarkannya diinkubasi selama dua minggu dapat meningkatkan pH rata-rata menjadi 7,37 dan KTK tanah menjadi 7,76 me/100g.

Menurut penelitian Marthin (2020), penggunaan biofertilizer dapat memenuhi kebutuhan unsur hara bagi tanaman melalui bakteri yang dapat mengikat nitrogen dari udara, selain itu disertai pula mikroba pelarut P seperti *Pseudomonas cepacia* dan *Penicillium* sp. serta bakteri pengikat N seperti *Azotobacter choococcum*, *A. vinelandi*, *Azospirillum* sp., dan *Acinetobacter* sp. (Roni *et al.*, 2013; Simanungkalit *et al.*, 2006). Mikroorganisme tersebut dapat mengurai senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, melarutkan fosfat yang terikat dalam tanah, dan mengurai senyawa organik kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana, yang semuanya dapat berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman (Suswahyono, 2011).

Jumlah daun

Temuan analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa jumlah daun pada tanaman kangkung pada 4 MST dipengaruhi secara signifikan ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi dan kombinasi perlakuan inkubasi kotoran sapi dan aplikasi pupuk hayati. Tabel 5 menampilkan jumlah rata-rata daun pada tanaman. Gambar 3 menunjukkan peningkatan mingguan rata-rata jumlah daun tanaman. Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi kotoran sapi selama tiga minggu menghasilkan jumlah rata-rata daun tanaman terbanyak (11,9583 helai), sedangkan perlakuan tanpa inkubasi menghasilkan paling sedikit (10,8000 helai). Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa nutrisi dalam kotoran sapi telah terurai sempurna, memungkinkan mereka melepaskan nutrisi makro dan mikro dalam jumlah yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman kangkung.

Sampah organik dipecah untuk menyediakan unsur hara seperti N, P, dan K yang dapat diserap tanaman atau yang meningkatkan jumlah nitrogen dalam tanah, yang mendorong pertumbuhan daun baru (Ribeiro *et al.*, 2017). Jumlah rata-rata daun tanaman pada 1 hingga 6 MST dalam Lampiran 3 tidak berbeda secara signifikan antara kelompok yang menerima pupuk hayati dan yang tidak. Karena tanaman belum sepenuhnya menyerap pupuk organik, diyakini bahwa tanaman kangkung tidak menerima cukup pupuk untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya.

Pupuk organik diberikan secara bertahap, tanaman memerlukan waktu untuk menyerap unsur hara yang terkandung di dalamnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Ichsan (2016) yang menemukan bahwa diperlukan proses mineralisasi agar tanaman lebih mudah menyerap unsur hara dalam pupuk organik. Hasil penelitian Sepriyaningsih *et al.*, (2019) menegaskan bahwa peran unsur hara N dan P yang dapat diakses tanaman tidak dapat dipisahkan dari proses pembentukan daun. Selain menjadi unsur utama senyawa organik

yang ditemukan pada tanaman, seperti asam amino, asam nukleat, ATP, ADP, dan klorofil, unsur N dan P sangat penting untuk perkembangan sel-sel baru. Zat-zat ini memengaruhi pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama perkembangan daun baru. Nutrisi K yang berfungsi sebagai aktivator berbagai enzim dalam metabolisme tanaman untuk membantu pembentukan lebih banyak daun juga dibutuhkan dalam fase vegetatif (Triadiawarna et al., 2022).

Diameter batang

Saat pengamatan berakhir pukul 6 MST, temuan analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa diameter batang tanaman kangkung dipengaruhi secara signifikan ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi, pemberian pupuk hayati, dan kombinasi kedua faktor tersebut. Tabel 7 menampilkan nilai rata-rata diameter batang tanaman. Gambar 4 menunjukkan pertumbuhan rata-rata mingguan diameter batang tanaman. Tabel 7 menunjukkan bahwa perlakuan kotoran sapi dengan masa inkubasi 3 minggu memiliki rata-rata diameter batang terbesar (7,3000 mm), sedangkan perlakuan tanpa inkubasi memiliki yang terkecil (5,7000 mm).

Hal ini menguatkan pernyataan Kaderi (2004) bahwa penambahan bahan organik, seperti pupuk kandang, dapat membantu penetrasi akar tanaman ke dalam tanah lebih dalam dan lebih luas, sehingga meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap sejumlah besar nutrisi dan air. Karena tanaman menyerap lebih banyak air dan nutrisi, tanaman akan tumbuh lebih besar, yang akan memengaruhi ukuran organnya secara keseluruhan. Tabel 7 menunjukkan diameter rata-rata batang tanaman kangkung pada 6 MST adalah 7,3500 mm pada perlakuan dengan pupuk organik 30 ml/L (D2) dan 6,1813 mm pada perlakuan tanpa pupuk organik (D0).

Nitrogen berperan penting dalam arsitektur batang, yang sangat penting untuk meningkatkan hasil panen (Souza & Tavares, 2021). Namun, nitrogen yang terlalu banyak dapat menyebabkan penyerapan yang buruk dan memerlukan ketelitian dalam pengelolaan nitrogen untuk menghindari pemupukan yang berlebihan. Hal ini dikarenakan apabila pasokan Nitrogen mencukupi maka hasil fotosintesis

akan diubah menjadi protein, dan protein ini selanjutnya akan membentuk protoplasma yang dapat mengikat air, sehingga diameter batang tanaman dapat menjadi lebih besar.

Nitrogen, protein, asam nukleat, dan prekursor klorofil, biasanya digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Ketersediaan nutrisi yang dapat diserap tanaman memengaruhi peningkatan diameter batang. Ketersediaan nutrisi yang diserap dan digunakan tanaman untuk metabolisme tanaman berkorelasi dengan pertumbuhan dan hasil tanaman. Perkembangan diameter batang akan diuntungkan oleh peningkatan proses metabolisme tanaman. Munawwar (2011).

Luas daun

Temuan analisis keanekaragaman menunjukkan perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi secara signifikan ($\alpha = 5\%$) memengaruhi luas daun tanaman kangkung pada 6 MST, akhir periode pengamatan. Tabel 9 menampilkan nilai luas daun rata-rata untuk tanaman tersebut. Tabel 9 memperlihatkan perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi selama tiga minggu memiliki luas daun rata-rata terbesar (300,5500 cm²), sedangkan kondisi non-inkubasi memiliki yang terkecil (161,2383 cm²). Hal ini menguatkan pernyataan Myrna (2006) bahwa jumlah nitrogen yang tersedia pada awal pertumbuhan akan memengaruhi jumlah luas daun yang terbentuk, yang pada gilirannya akan memengaruhi penyerbukan dan pengisian biji di kemudian hari. Jumlah mikronutrien dan nutrisi yang tersedia bagi tanaman di dalam tanah dapat ditingkatkan dengan jumlah pupuk organik yang tinggi, khususnya unsur N, yang terutama bertanggung jawab atas perkembangan vegetatif tanaman (Cabral, 2004). Tabel 9 memperlihatkan tidak ada perbedaan yang nyata antara perlakuan dengan pupuk hayati dan perlakuan tanpa pupuk hayati (D0) dalam hal luas daun rata-rata tanaman pada 6 MST.

Pupuk organik belum terserap sempurna oleh tanaman, diduga tanaman kangkung belum memperoleh pupuk yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Karena pupuk organik melepaskan nutrisi secara bertahap, tanaman memerlukan waktu untuk menyerapnya. Hasil ini memperkuat pernyataan Ratna (2002) bahwa penggunaan pupuk organik

cair atau padat dapat mempercepat pemanjangan luas daun. Luas daun yang lebih besar akan meningkatkan fotosintesis dan produksi energi dengan meningkatkan kemampuan daun untuk menerima dan menyerap sinar matahari.

Bobot segar tanaman

Hasil analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi, pemberian pupuk hayati, dan kombinasi kedua faktor tersebut secara nyata ($\alpha = 5\%$) mempengaruhi berat segar tanaman kangkung pada akhir periode pengamatan enam bulan. Rata-rata berat segar tanaman ditampilkan pada Tabel 10. Berdasarkan Tabel 10, tanaman dalam perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi selama tiga minggu memiliki berat segar rata-rata 107,1063 g, sedangkan tanaman dalam kondisi tidak diinkubasi memiliki berat segar terendah yaitu 36,5500 g. Hal ini disebabkan karena pupuk kandang sapi memberikan sumbangan unsur hara yang dapat memacu pertumbuhan tanaman selain adanya pengaruh langsung bahan organik dari pupuk kandang terhadap pertumbuhan tanaman kangkung.

Berat segar tanaman sebagian besar ditentukan oleh jumlah air dalam sel-selnya. Pupuk kandang dapat meningkatkan kandungan nutrisi tanah dan kapasitas menahan air, sehingga memudahkan akar tanaman menyerap nutrisi dan meningkatkan hasil tanaman (Latarung, 2006). Rata-rata berat segar tanaman pada 6 MST bervariasi secara signifikan antara perlakuan 15 ml/L (D1) biofertilizer (87,5188) dan 30 ml/L (D2), dengan yang terendah adalah 74,1062 g pada perlakuan tanpa biofertilizer (D0), seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10. Karena daun merupakan organ yang mengandung air, semakin banyak daun, niscaya akan menghasilkan kandungan air yang lebih tinggi dan berat basah tanaman yang lebih tinggi (Tripama et al., 2018).

Berat segar tanaman berkaitan dengan jumlah daun tanaman yang dihasilkan. Penumpukan fotosintat yang dihasilkan selama perkembangan dikenal sebagai berat segar tanaman, dan ini menunjukkan seberapa baik tanaman menyerap nutrisi untuk pertumbuhan. Karena sintesis karbohidrat dari penyerapan tanaman meningkat seiring dengan tinggi tanaman, berat segar tanaman juga akan

meningkat seiring dengan jumlah daun pada tanaman (Endang, 2007).

Bobot basah tajuk dan akar

Hasil analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa berat basah tajuk tanaman kangkung pada umur 6 MST akhir pengamatan sangat nyata ($\alpha = 5\%$) dipengaruhi oleh perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi. Tabel 12 menunjukkan rata-rata berat basah tajuk tanaman. Perlakuan tanpa inkubasi memiliki rata-rata berat basah tajuk tanaman terendah, yaitu 38,7167 g, sedangkan rata-rata berat basah tajuk tanaman tertinggi adalah 99,3667 g. Hal ini mendukung pernyataan Prasetya (2009) yang menyatakan bahwa tinggi tanaman dan luas daun berpengaruh terhadap berat basah dan berat kering tanaman, dengan kata lain semakin lebar daun maka semakin tinggi pula berat basah tanaman.

Nitrogen memiliki dampak besar pada perluasan daun, terutama pada lebar dan luas daun, yang berdampak pada berat basah keseluruhan dan berat kering per tanaman (Gardner et al., 1991). Hasil analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa berat basah akar tanaman kangkung pada umur 6 MST, saat pengamatan berakhir, secara signifikan dipengaruhi ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi kotoran sapi. Nilai rata-rata berat basah akar tanaman dapat dilihat pada Tabel 13. Tabel 13 menunjukkan bahwa perlakuan inkubasi kotoran sapi selama 3 minggu dengan rata-rata berat basah akar tanaman tertinggi sebesar 6,0167 g dan terendah pada perlakuan tanpa inkubasi sebesar 1,8417 g. Semakin tinggi nilai berat basah akar kangkung menunjukkan semakin besar kandungan nutrisi dalam tanah yang dapat diserap oleh akar.

Berat basah, yang dipengaruhi oleh sejumlah variabel seperti kadar air jaringan, nutrisi, dan produk metabolisme, merupakan ukuran aktivitas metabolisme tanaman. Rata-rata berat basah pucuk dan akar tanaman pada 6 MST tidak berbeda secara signifikan antara perlakuan yang menerima biofertilizer dan perlakuan yang tidak, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12 dan 13. Kemampuan akar untuk menyerap air berhubungan langsung dengan nilai berat akar, dan jarak tanam yang tepat akan menyediakan tempat bagi akar untuk menyerap

air dan nutrisi dalam tanah secara optimal (Salisbury dan Ross, 1995).

Tanaman kangkung diyakini belum menerima pupuk yang cukup untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya, karena pupuk organik belum sepenuhnya diserap oleh tanaman. Karena pupuk organik melepaskan nutrisi secara bertahap, tanaman memerlukan waktu untuk menyerapnya. Ketika tanaman tumbuh, bagian tanaman lainnya juga berkembang, dengan tajuk yang tumbuh seiring dengan pertambahan berat akar (Gardner *et al.*, 1991).

Bobot kering tajuk dan akar

Analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa berat kering tajuk tanaman kangkung pada 6 MST, kesimpulan pengamatan, secara signifikan dipengaruhi ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi. Tabel 14 menampilkan nilai berat kering rata-rata tajuk tanaman. Inkubasi kotoran sapi selama tiga minggu menghasilkan berat kering rata-rata tajuk tanaman tertinggi (9,9250 g), sedangkan perlakuan tanpa inkubasi menghasilkan berat kering rata-rata terendah (4,0000 g), seperti yang ditunjukkan Tabel 14. Tabel 14 menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang terlihat antara perlakuan yang menerima biofertilizer dan yang tidak dalam hal berat kering rata-rata tajuk tanaman pada 6 MST.

Berat kering akar tanaman kangkung pada umur 6 MST atau akhir pengamatan dipengaruhi secara nyata ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi kotoran sapi dan kombinasi perlakuan inkubasi kotoran sapi dan biofertilizer. Hasil analisis keanekaragaman menunjukkan bahwa berat kering akar tanaman dipengaruhi secara nyata ($\alpha = 5\%$) oleh perlakuan inkubasi kotoran sapi dan kombinasi perlakuan inkubasi kotoran sapi dan pemberian biofertilizer. Tabel 15 menampilkan nilai berat kering rata-rata akar tanaman. Berdasarkan Tabel 15, berat kering rata-rata akar tanaman tertinggi pada perlakuan inkubasi kotoran sapi selama 3 minggu (1,0917 g) dan terendah pada perlakuan tanpa inkubasi (0,4667 g). Rata-rata berat kering akar tanaman pada umur 6 MST belum menunjukkan perbedaan yang nyata pada perlakuan pemberian pupuk hayati dan perlakuan tanpa pupuk hayati (Tabel 15).

Pupuk hayati belum terserap sempurna oleh tanaman, diduga tanaman kangkung tidak

memperoleh cukup pupuk hayati untuk memenuhi kebutuhan nutrisinya. Karena pupuk organik melepaskan unsur hara secara bertahap, maka tanaman memerlukan waktu untuk menyerapnya. Menurut penelitian Hati (2004), semakin tinggi kadar klorofil maka laju fotosintesis juga akan meningkat sehingga pertumbuhan tanaman akan lebih cepat dan maksimal. Hasil fotosintesis tersebut digunakan untuk membentuk organ-organ tanaman, dan semakin besar organ tersebut maka semakin banyak pula kadar air yang dapat diikat oleh tanaman. Tinggi tanaman dan luas daun juga mempengaruhi berat segar dan berat kering, sehingga semakin besar luas daun maka semakin tinggi pula berat segar tanaman (Prasetya 2009). Nitrogen sangat berpengaruh terhadap pemaian daun terutama pada lebar dan luas daun yang mempengaruhi berat segar total dan berat kering per tanaman (Gardner *et al.*, 1991).

Sifat fisik dan kimia tanah

pH tanah dipengaruhi oleh perlakuan inkubasi dan biofertilizer, terutama pada perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi selama 3 minggu (I3) dan penambahan biofertilizer 30 ml/L (D2). Lampiran 1 analisis tanah rutin awal menunjukkan bahwa pH tanah awal adalah 5,7 (agak asam) dan pH KCL adalah 4,5 (asam); namun pada lampiran 2, pH H₂O meningkat dari 5,7 menjadi 7,7 (agak basa) sebesar 25% dan pH KCL meningkat dari 4,5 menjadi 6,9 (netral) sebesar 34%. Hal ini dikarenakan bahan organik yang telah diinkubasi akan melepaskan molekul organik, baik sebagai kation basa maupun asam organik, sehingga meningkatkan pH tanah.

Hasil penelitian ini mendukung Hamed (2014) bahwa lamanya waktu bahan organik harus mengalami mineralisasi agar dapat memasok nutrisi ke tanah berhubungan dengan jumlah nutrisi yang disediakan oleh bahan tersebut. Dekomposisi dapat menghasilkan asam organik yang mengikat ion H⁺, membuat tanah lebih asam dan meningkatkan pH-nya. Total N tanah dipengaruhi oleh inkubasi dan perlakuan pupuk hayati. Secara khusus, setelah kotoran sapi (I3) diinkubasi selama tiga minggu dan 30 mililiter per liter pupuk hayati (D2) diberikan, total N tanah awal dalam lampiran 1 dari analisis tanah rutin pertama memiliki total N

sebesar 0,12% (rendah), tetapi dalam lampiran 2, total N meningkat menjadi 0,60% (tinggi).

Kandungan nitrogen tanah yang diberikan tinggi, dan laju pelepasan nitrogen difasilitasi oleh mineralisasi residu bahan organik yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yuliprianto (2010) bahwa nitrogen masuk ke dalam tanah sebagai amonia dan nitrat dari air hujan, baik sebagai hasil pengikatan nitrogen bebas maupun sebagai tambahan pupuk sintetis. Namun, peningkatan kandungan nitrogen tanah relatif besar, karena kemampuan mikroorganisme untuk mengikat nitrogen.

Kadar C organik tanah dipengaruhi oleh perlakuan inkubasi dan biofertilizer, terutama pada perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi selama 3 minggu (I3) dan penambahan biofertilizer 30 ml/L (D2). Pemeriksaan tanah rutin awal menunjukkan bahwa kandungan C organik tanah adalah 0,39% (buruk), tetapi dalam lampiran 2, kandungan tersebut telah meningkat menjadi 6,16% (sangat tinggi). Hal ini sesuai dengan pernyataan Bot dan Benites (2005) bahwa konsentrasi C organik dalam tanah menggambarkan kandungan bahan organik tanah, yang berfungsi sebagai standar untuk pengelolaan tanah. Kandungan C organik merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas tanah mineral; semakin tinggi kandungan C organik total, semakin baik kualitas tanah (Six *et al.*, 1998; Blair *et al.*, 1998).

Kadar air tanah dipengaruhi oleh perlakuan inkubasi dan biofertilizer, khususnya perlakuan inkubasi pupuk kandang sapi selama 3 minggu (I3) dan aplikasi biofertilizer 30 ml/L (D2). Dalam lampiran 1 analisis tanah rutin awal, kadar air tanah adalah 7,65%, tetapi dalam lampiran 2, kadar air meningkat menjadi 85,24%. Sejalan dengan Kozlowsky (1991) bahwa ketersediaan air yang lebih besar akan menghasilkan pertumbuhan yang lebih besar, karena ketersediaan air untuk tanaman akan memengaruhi pertumbuhan tanaman. Jika air tersedia untuk tanaman dalam kondisi yang cukup, pertumbuhan tanaman akan baik; namun, jika tidak, pertumbuhan tanaman dapat terganggu atau bahkan mati.

Kesimpulan

Inkubasi pupuk kandang sapi berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, luas daun, berat segar tanaman, berat pucuk basah, berat pucuk kering, berat akar basah, dan berat akar kering setelah tiga minggu (I3). Pemberian biofertilizer dengan dosis 15 mL/L (D1) dan 30 mL/L (D2) mengubah tinggi tanaman, diameter batang, dan berat segar tanaman. Kombinasi terapi inkubasi dan biofertilizer berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, berat segar tanaman, dan berat kering akar. Penelitian ini menemukan bahwa inkubasi tiga minggu (I3) berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman Kailan. Oleh karena itu, diharapkan penelitian ini akan ditingkatkan dan diperluas di masa mendatang dengan menerapkan bakteri pengikat N untuk memaksimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman Kailan. Petani dapat menggunakan budidaya kailan dengan bantuan pupuk hayati bio p 2000 z karena mikroorganisme hidup di dalamnya dapat membantu tanaman mendapatkan nutrisi, sehingga meningkatkan efisiensi pemupukan. Untuk pertumbuhan, konsentrasi pupuk hayati yang disarankan adalah 15 hingga 30 mililiter per liter.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh Tim Manajemen UG Technopark atas izin yang diberikan untuk melakukan penelitian di lokasi tersebut. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Universitas Gunadarma atas dukungannya dalam membantu penulis menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Badan Pusat Statistik. (2022). Statistik Tanaman Sayuran dan Buah–Buahan Semusim. Pusat Data dan Informasi Pertanian. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. pp. 111. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/7/pr-duksi-tanaman-sayuran.html>
- Blair, G. J., Chapman, L., Withbread, A.M., Coelho, B.B., Larsen P., Tissen H. (1998). Soil carbon change resulting from

- sugarcane trash management at two location in Queensland, Australia and in North-East Brazil. *Soil Res. Aust. J.* 38: 87-88.
- Bot, A., Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food and production. FAO Soils Buletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nations.* Rome. 71p.
- Cabral, F. (2004). *The Effect of Organic Residues From Different Sources on Soli Properties, Fruit Production and Mineral Composition of Pepper Crop. J. Nutrient and Carbon Cyclinratnag in Sutainable Plant-Soil System.* Portugal. p. 165-168.
- Dianita, R. and L. Abdullah. (2011). Effect of Nitrogen Fertilizer on Growth Characteristics and Productivity of Creeping Forage Plants for TreePasture Integrated System. *Journal of Agricultural Science and Technology.* 1118- 1121.
- Endang. (2007). Pengaruh Takaran Pupuk Organik dan Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan Vegetatif Mentimun (*Cucumis sativus* L.). Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Gardner, F. P., Pearce R. B dan R. I. Mitchell. (1991). *Fisiologi Tanaman Budidaya* (Terjemahan Herawati Susilo) Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Hamed, M.H., M.A. Desoky., A.M. Ghallab., M.A. Faragallah. (2014). Effect Of Incubation Periods and Some Organic Materials On Phosphorus Forms In Calcareous Soils. *International Journal Of Technology Enhancements And Emerging Engineering Research*, Vol. 2 (6). 2347-4289
- Ichsan, M.C., P. Riskiyandika, I. Wijaya. (2016). Respon Produktifitas Okra (*Abelmoschus esculentus*) terhadap Pemberian Dosis Pupuk Petroganik dan Pupuk N. *Agritrop Jurnal Ilmu Pertanian*, 14(1): 29-41
- Intan Nariratih, M. Damanik, Gantar. S. (2013). Ketersediaan Nitrogen Pada Tiga Jenis Tanah Akibat Pemberian Tiga Bahan Organik dan Serapannya Pada Tanaman Jagung. *J. Agroekoteknologi.* Vol. 1(3).
- Kaderi, H.. (2004). Teknik Pengolahan Pupuk Pelet dari Gulma sebagai Pupuk Majemuk dan Pengaruhnya Terhadap Tanaman Padi. *Buletin Teknik Pertanian*, 9 (2): 47-49
- Koryati, T. (2004). Pengaruh Penggunaan Mulsa dan Pemupukan Urea terhadap Pertumbuhan dan Produksi Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *Agronomi*, 2 (1) : 15-19
- Kozlowski, T.T.P.J.K. dan S.G.Pallardy. (1991). *The Physiological Ecology of Woody Plants.* Academic Press Inc. London.
- L.A, Souza., & R.Tavares. 2021. Nitrogen and Stem Development: A Puzzle Still to Be Solved. *Frontiers in Plant Science.* Vol.12, p: 1-7. Doi: <http://doi.org/10.3389/fpls.2021.630587>
- Latarung, B. dan A. Syakir. (2006). Pertumbuhan dan hasil Bawang Merah (*Allium ascalanicum* L) Pada Berbagai Dosis Pupuk Kandang. *J. Agroland*, 13(3) : 265-269.
- Major, J. (2009). *Biochar in soil National society of consulting soil scientists.* Inc.
- Marthin, K.A., Reginawanti H., Irene, A. Ngabalin, dan Marina J. (2021). *Utilization of biofertilizers and organic materials on growth.* Agric Vol.32, No.2 Desember 2020. Fakultas Pertanian dan Bisnis Universitas Kristen Satya Wacana. Solo.
- Kadir. M.B, M. Salim, H. Kamarudin (2023). *The Relationship Between Educational Support And Entrepreneurial Intentions in Malaysian Higher Learning Institution. Procedia - Social and Behavioral Sciences.* 69 (2023) 2164 – 2173 <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.12.182>
- Munawar, A. (2011). *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman.* IPB Press. Bogor.
- Myrna, N. E .F. (2006). Hasil Tanaman Jagung Pada Berbagai Dosis dan Cara Pemupukan N pada Lahan dengan Sistem Olah Tanah Minimum. *J. Agronomi.* 9(1):9-15
- Nita, P., et al. (2018). *Prevalence of Multidrug (MDR) and Extensively Drug Resistant (XDR) Proteus Species in a Tertiary-Care Hospital, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences,* 3, 243-252.
- Prasetya, B., S. Kurniawan, dan M. Febrianingsih. (2009). (*Brassica juncea* L.)

- pada Entisol. *Jurnal Agritek*, 17 (5) : 1022-1029
- Qudri A., Irsal., Damanik, R.L.M. (2016). Pengaruh Jarak Tanam Dan Dosis Pupuk Nitrogen. *Jurnal Agroteknologi*, 4(4): 2262–2271.
- Ratna, D.I. (2002). Pengaruh kombinasi konsentrasi pupuk hayati dengan pupuk organik cair terhadap kualitas dan kuantitas hasil tanaman teh (*Camellia sinensis* L.) klon gambung 4. *Ilmu Pertanian*. 10 (2): 17-25
- Ribeiro, D. A. E., N. L Kartini, dan G. Wijana. (2017). Pengaruh Pemberian Pupuk Dolomit dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) di Disritu Baucau Timor Leste. *AGROTROP*, 7 (1) 42 – 50. ISSN 2088-155X. Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Denpasar. Bali.
- Roni N. G. K., Witariadi, N.M., Candraasih N.N, dan N. W. Siti. (2013). Pemanfaatan bakteri pelarut fosfat untuk meningkatkan produktivitas kudzu tropika (*Pueraria phaseoloides* Benth). *Pastura* 3 (1): 13 – 16.
- Salisbury, F.B. & Ross, C.W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan Jilid 3. Terjemahan Diah R. Lukman dan Sumaryono*. ITB Press. Bandung.
- Sepriyaningsih, I, Susanti, dan E, Lokaria. (2019). Pengaruh Pupuk Cair Limbah Organik terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Biologi dan Pembelajarannya*, 6(1): 32-35.
- Setiyono & Mubarak. 2022. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Hayati Dan Dosis Pupuk Kotoran Ayam Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kailan (*Brassica Oleraceae*). *Jurnal Agritrop* Vol. 20 (2) Desember 2022.
- Simanungkalit, R.D.M., Saraswati, R., Hastuti, R.D, dan E. Husen. (2006). Pupuk organik dan pupuk hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. Hlm 113-140
- Siregar, P., Fauzi dan Supriadi. (2017). Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. Vol 5. No. 2: 256-264.
- Six, J., Elliott, R.T., Paustoin, K., Doran, J.W. (1998). Agregation and soil organic matter accummulation in native grassland soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 1367- 1377.
- Suswahyono, U. (2011). *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Triadiawarma, D., D.Aryanto., dan J. Krisbiyantoro. (2022). Peran Unsur Hara Makro terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Agrifor*. 21(1) : 27-32.
- Tripama, B., dan M. R. Yahya. (2018). Respon Konsentrasi Nutrisi Hidroponik terhadap Tiga Jenis Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 16(2): 237-249.
- Utami, N.H. (2009). Kajian Sifat Fisik, Sifat Kimia dan Sifat Biologi Tanah Paska Tambang Galian c Pada Tiga Penutupan Lahan. Skripsi. Departemen Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- Widawati S, Suliasih S, Muharam A. (2012). Pengaruh Kompos yang Diperkaya Bakteri Penambat Nitrogen dan Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan Tanaman Kapri dan Aktivitas Enzim Fosfatase dalam Tanah. *J. Hortik*. Vol. 20(3).
- Yulipriyanto, H. (2010). Biologi Tanah dan Strategi Pengolahannya. Graha ilmu. Yogyakarta.
- Zahrah S. (2011). Respons Berbagai Varietas Kedelai (*Glycine Max* (L) Merrill) terhadap Pemberian Pupuk NPK Organik. *J. Teknobiologi*. 65–69, 4–9.
- Wijaya, W., Faqih, A., Ramadhan, R., Noviana, N., Nurjaman, J., & Mutiah, L. (2023). The Combination Effect of Plant Standing and Dosage of Manureon Growth and Years of Corn (*Zea Mays* L.) Cultivar Sweet Lady. *Devotion: Journal of Research and Community Service*, 4(7), 1391-1400.