



Pengaruh Interval Pemberian Dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

*The Effect of Application Interval and Dosage of Liquid Organic Fertilizer on the Growth and Yield of Red Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris L.*)*

Ir. Moch. Su'ud, SP., MP.¹Yudha Arie Dharma²Ida Sugeng Suyani, SP., MP³

¹²³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Panca Marga

mohammadsuud02@gmail.com1, yudhaarie574@gmail.com2, idasugengsuyani@upm.ac.id3

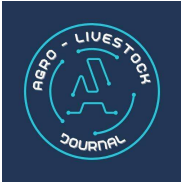
Articel History:

Received 2026-01-01	Revised 2026-01-08	Accepted 2026-01-19
---------------------	--------------------	---------------------

ABSTRACT

Population growth and global climate change have increased food demand while reducing agricultural productivity, including that of red kidney bean (*Phaseolus vulgaris L.*), a commodity that plays an important role in supporting national food security. The decline in red bean production in Indonesia over the past five years has been influenced by extreme climatic conditions and excessive use of chemical fertilizers. Therefore, improvement efforts are needed through the application of liquid organic fertilizer (LOF) with appropriate intervals and dosages. This study aimed to determine the effect of LOF application intervals, LOF dosages, and their interaction on the growth and yield of red kidney bean. The experiment was arranged using a factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with two factors: LOF application interval (I1: once every week, I2: once every two weeks, I3: once every three weeks, I4: once every four weeks) and LOF dosage (D1: 2 ml/L, D2: 3 ml/L, D3: 4 ml/L), each with three replications, resulting in 36 treatment combinations with a total population of 540 plants. The results showed that the LOF application interval had a significant effect on several growth and yield parameters, including number of leaves, number of filled pods per plant, weight of 100 seeds, and yield per hectare. Based on the findings, the I1 treatment produced the best growth and yield. The dosage factor did not significantly affect any parameter, although D1 tended to produce more optimal results. The interaction between interval and dosage showed no significant effect; however, the I1D1 combination exhibited the highest trends in both vegetative and generative performance. Thus, applying LOF at one-week intervals with a dosage of 2 ml/L is recommended as the most effective treatment for improving the growth and yield of red kidney bean.

Keywords: red kidney bean, liquid organic fertilizer, application interval, fertilizer dosage, growth and yield.



ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan perubahan iklim global menyebabkan meningkatnya kebutuhan pangan serta menurunnya produktivitas pertanian, termasuk komoditas kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.) yang memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan nasional. Penurunan produksi kacang merah di Indonesia dalam lima tahun terakhir dipengaruhi oleh kondisi iklim ekstrem dan penggunaan pupuk kimia yang berlebihan, sehingga diperlukan upaya perbaikan melalui penggunaan pupuk organik cair (POC) dengan interval dan dosis yang tepat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh interval pemberian POC, pengaruh dosis POC, serta interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang merah. Penelitian disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor, yaitu interval pemberian POC (I1: satu minggu sekali, I2: dua minggu sekali, I3: tiga minggu sekali, I4: empat minggu sekali) dan dosis POC Nasa (D1: 2 ml/L, D2: 3 ml/L, D3: 4 ml/L) dengan tiga ulangan, sehingga terdapat 36 kombinasi perlakuan dengan total populasi 540 tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval pemberian POC berpengaruh nyata terhadap beberapa parameter pertumbuhan dan hasil, meliputi jumlah daun, jumlah polong isi per tanaman, berat 100 biji, dan hasil konversi per hektar. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa Perlakuan I1 menghasilkan pertumbuhan dan hasil terbaik. Dosis pupuk organik cair tidak memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh parameter, meskipun dosis D1 cenderung memberikan hasil lebih optimal. Interaksi antara kedua faktor tidak menunjukkan pengaruh nyata, namun kombinasi I1D1 menunjukkan tren hasil tertinggi pada parameter vegetatif dan generatif. Dengan demikian, pemberian POC dengan interval satu minggu sekali dan dosis 2 ml/L direkomendasikan sebagai perlakuan paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kacang merah.

Kata Kunci: kacang merah, pupuk organik cair, interval pemberian, dosis pupuk, pertumbuhan dan hasil.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia berpengaruh terhadap kebutuhan pangan sesuai dengan pertambahan jumlah penduduk. Berdasarkan penuturan Panggabean, R., dkk (2024) Produksi pertanian dunia sebesar 54% sejak tahun 2001-2021, dengan total produksi mencapai 9,5 miliar ton. Meskipun relatif tinggi, namun masih belum cukup untuk memenuhi kebutuhan pangan 9,6 miliar penduduk dunia. Hal ini salah satunya di sebabkan oleh perubahan iklim. Masalah ini juga mengancam ketahanan pangan di Indonesia. Berdasarkan laporan yang dikeluarkan oleh Badan Pangan Nasional pada tahun 2018-2020, semua pangan strategi Indonesia belum dapat dipenuhi oleh produksi domestik, sejumlah pangan utama masih harus dipenuhi dari import.

Limanseto, H (2021) salah satu upaya untuk menjaga ketahanan pangan nasional, tersebut bisa melalui peningkatan produksi komoditas pangan, salah satunya yaitu kacang merah. Kacang merah merupakan salah satu tanaman hortikultura yang bisa menjadi upaya dalam mempertahankan pangan di Indonesia, kacang merah adalah salah satu jenis kacang-kacangan yang banyak ditemukan dan dimanfaatkan di Indonesia.

Produksi kacang tanah merah di Indonesia mencapai 20 ton/Ha pada tahun 2019, pada tahun 2020 sebanyak 21.62 ton/Ha, tahun 2021 sebanyak 19.52 ton/Ha, tahun 2022 sebanyak 16.96 ton/Ha dan pada tahun 2023 mengalami penurunan yaitu 16.11 ton/Ha (Anonim, 2024). Penurunan produksi ini disebabkan karena selain dampak dari el Nino an juga pengaruh dari Teknik budidaya yang banyak menggunakan pupuk kimia sehingga menyebabkan degradasi unsur hara.

Peningkatan jumlah produksi menjadi harapan agar Indonesia menjadi negara pengekspor komoditas pertanian,, untuk itu para petani perlu meningkatkan hasil produksinya. Dalam meningkatkan produksi dibutuhkan proses budidaya yang baik, diantaranya adalah pemupukan. Pemupukan merupakan cara pemberian unsur hara kepada tanah yang dapat diserap oleh tanaman, salah satunya dalam penggunaan Pupuk Organik Cair dengan dosis yang tepat (Anonim, 2021).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui interval dan dosis pupuk organik cair yang tepat untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Dusun Krajan RT 007/RW 002, Desa Mentor, Kecamatan Sumberasih, Kabupaten Probolinggo, dengan ketinggian tempat sekitar 200–400 meter di atas permukaan laut (mdpl). Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Maret. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat tulis, pisau, gunting, kayu bambu, tali, cangkul, dan tangki sprayer. Bahan yang digunakan terdiri atas benih kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.), pupuk organik cair Nasa, lahan penelitian, dan air. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah interval pemberian pupuk organik cair (I) yang terdiri atas empat taraf perlakuan, yaitu I₁ (1 minggu sekali), I₂ (2 minggu sekali), I₃ (3 minggu sekali), dan I₄ (4 minggu sekali). Faktor kedua adalah dosis pupuk organik cair (D) yang terdiri atas tiga taraf perlakuan, yaitu D₁ (2 ml/L setara 10 L/ha), D₂ (3 ml/L setara 15 L/ha), dan D₃ (4 ml/L setara 20 L/ha). Kombinasi perlakuan yang digunakan berjumlah 12 kombinasi dan masing-masing kombinasi diulang sebanyak tiga kali, sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas 15 tanaman yang sekaligus dijadikan sebagai sampel, sehingga total populasi tanaman kacang merah dalam penelitian ini berjumlah 540 tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam parameter tinggi tanaman menunjukkan bahwa perlakuan faktor pertama interval pemberian (I) menunjukkan tidak berbeda nyata mulai umur 14 HST sampai dengan 28 HST. Sedangkan faktor kedua dosis pupuk organik cair (D) menunjukkan tidak berbeda nyata mulai umur 14 HST sampai dengan 28 HST seperti pada tabel 1 faktor pertama interval pemberian (I) dan faktor kedua dosis pupuk organik cair (D) selanjutnya dilakukan uji lanjutan menggunakan BNT taraf 5%.

Tabel 1 Analisis Sidik Ragam Tinggi Tanaman Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) umur 14, 21 dan 28 HST.

SK	db	F hitung						F tabel	
		14 HST		21 HST		28 HST		0.05	0.01
Ulangan	2	0.708		2.484		2.593			
Perlakuan	11	1.194	ns	0.681	ns	0.684	ns	2.26	3.18
I	3	0.204	ns	1.476	ns	1.534	ns	3.05	4.82
D	2	1.530	ns	0.430	ns	0.283	ns	3.44	5.72
I x D	6	1.578	ns	0.368	ns	0.393	ns	2.55	3.76
Galat	22								
Total	35								

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Tabel 2 Rerata Perlakuan Tunggal Tinggi Tanaman Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) umur 14, 21 dan 28 HST.

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal						
	n	14 HST		21 HST		28 HST	
I1		7,793	a	17,319	a	26,252	a
I2		7,689	a	16,770	a	25,437	a
I3		7,563	a	15,985	a	24,859	a
I4		7,504	a	14,719	a	23,452	a
BNT 5%		-		-		-	
D1		7,283	a	16,372	a	24,922	a
D2		7,822	a	16,617	a	25,472	a
D3		7,806	a	15,606	a	24,606	a
BNT 5%		-		-		-	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa interval pemberian dan dosis pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman kacang merah. Interval pemberian 1 minggu sekali (I₁) menghasilkan tinggi tanaman tertinggi pada seluruh umur pengamatan dibandingkan interval lainnya, karena tanaman mampu menyerap dan memanfaatkan unsur hara secara lebih optimal (Elfrida, 2016).

Dosis pupuk organik cair 3 ml/L (15 L/ha) (D₂) memberikan respons terbaik terhadap tinggi tanaman pada fase vegetatif. Ketersediaan hara yang cukup pada dosis tersebut mendukung proses pembelahan, pembesaran, dan pemanjangan sel sehingga pertumbuhan tanaman berlangsung optimal (Rahman, 2011; Palimbungan, 2006). Sebaliknya, dosis rendah (D₁) belum mampu mencukupi kebutuhan hara tanaman, sedangkan dosis tinggi (D₃) cenderung menurunkan tinggi tanaman akibat peningkatan konsentrasi larutan tanah yang menghambat penyerapan air dan hara serta menimbulkan stres osmotik (Eka Nuryani, 2019; Isroi *et al.*, 2021).

Jumlah Daun

Jumlah daun merupakan indikator penting pertumbuhan tanaman karena berhubungan langsung dengan luas permukaan fotosintesis dan pembentukan biomassa. Daun berperan dalam fotosintesis, respirasi, dan transpirasi yang mendukung pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Taiz *et al.*, 2015). Peningkatan jumlah daun umumnya menunjukkan kondisi fisiologis tanaman yang optimal akibat ketersediaan unsur hara yang memadai (Wahyuni *et al.*, 2021; Rahayu *et al.*, 2020).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian dan dosis pupuk organik cair tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman kacang merah pada umur 14–28 HST. Uji lanjutan BNT taraf 5% juga menunjukkan tidak terdapat perbedaan nyata antarperlakuan, sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Analisis Sidik Ragam Jumlah Daun Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) umur 14, 21 dan 28 HST.

SK	db	F hitung						F tabel	
		14 HST		21 HST		28 HST		0.05	0.01
Ulangan	2	8.243		3.384		1.257			
Perlakuan	11	0.990	ns	0.294	ns	1.524	ns	2.26	3.18
I	3	1.788	ns	0.127	ns	2.211	ns	3.05	4.82
D	2	1.494	ns	1.135	ns	1.663	ns	3.44	5.72
I x D	6	0.423	ns	0.098	ns	1.135	ns	2.55	3.76
Galat	22								
Total	35								

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Tabel 4.4 Rerata Perlakuan Tunggal Jumlah Daun Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) umur 14, 21 dan 28 HST.

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal					
	14 HST		21 HST		28 HST	
I1	11,733	c	5,052	a	6,726	a
I2	13,067	d	5,007	a	6,444	a
I3	10,733	b	5,007	a	6,222	a
I4	10,067	a	4,904	a	6,222	a
BNT 5%	-		-		-	
D1	1,300	a	5,100	a	6,450	a
D2	1,361	a	5,072	a	6,556	a
D3	1,139	a	4,806	a	6,206	a
BNT 5%	-		-		-	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair 1 minggu sekali (I₁) menghasilkan rerata jumlah daun tertinggi pada umur 14, 21, dan 28 HST. Hal ini menunjukkan bahwa interval tersebut mampu menyediakan unsur hara, terutama nitrogen, secara optimal untuk menunjang pertumbuhan vegetatif tanaman kacang merah. Nitrogen berperan penting dalam pembentukan daun karena merupakan komponen utama klorofil, protein, dan enzim yang mendukung proses fotosintesis dan pembelahan sel (Abidin, 2015; Salisbury & Ross, 1995). Ketersediaan nitrogen yang cukup mendorong pembentukan dan perkembangan daun sehingga meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman.

Perlakuan dosis pupuk organik cair 3 ml/L (15 L/ha) (D₂) juga menghasilkan rerata jumlah daun tertinggi pada seluruh umur pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa dosis tersebut mampu menyediakan hara dalam jumlah yang sesuai sehingga mendukung pembentukan klorofil dan pertumbuhan organ vegetatif secara optimal. Ketersediaan hara yang cukup mempercepat proses pembelahan dan pembesaran sel, sehingga jumlah daun meningkat dan pertumbuhan tanaman berlangsung lebih baik (Palimbungan & Hamzah, 2006).

Luas Daun

Luas daun merupakan indikator penting pertumbuhan tanaman karena berhubungan langsung dengan kemampuan tanaman menyerap cahaya dan melakukan fotosintesis. Luas daun yang lebih besar memungkinkan penyerapan energi cahaya yang optimal sehingga mendukung pembentukan biomassa dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap luas daun pada umur 14 HST dan berpengaruh sangat nyata pada umur 21 hingga 28 HST. Sebaliknya, dosis pupuk organik cair tidak memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun pada seluruh umur pengamatan. Uji lanjutan BNT taraf 5% menunjukkan

bahwa perbedaan luas daun terutama dipengaruhi oleh interval pemberian pupuk, sebagaimana disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Analisis Sidik Luas Daun (cm²) Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*) umur 14, 21 dan 28 HST.

SK	db	F hitung					F tabel	
		14 HST		21 HST		28 HST	0.05	0.01
Ulangan	2	6.730		2.553		17.705		
Perlak	11	1.603	ns	3.223	**	3.676	**	2.26
I	3	3.983	*	10.690	**	12.673	**	3.05
D	2	0.652	ns	0.388	ns	0.278	ns	3.44
I x D	6	0.730	ns	0.435	ns	0.311	ns	2.55
Galat	22							
Total	35							

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap luas daun tanaman kacang merah, sedangkan dosis pupuk dan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata pada seluruh umur pengamatan. Pada umur 14 HST, pengaruh perlakuan belum terlihat optimal karena tanaman masih berada pada fase awal pertumbuhan.

Pada umur 21 hingga 28 HST, interval pemberian pupuk menunjukkan pengaruh sangat nyata terhadap luas daun. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemberian pupuk yang teratur lebih berperan dalam meningkatkan luas daun dibandingkan dengan variasi dosis, karena mampu menyediakan hara secara stabil bagi pertumbuhan daun. Tidak signifikannya pengaruh dosis diduga berkaitan dengan kecukupan hara awal tanah atau keterbatasan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara (Siregar *et al.*, 2021; Yuliana & Wibowo, 2019).

Tabel 6 Rerata Perlakuan Tunggal Luas Daun Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal					
	14 HST		21 HST		28 HST	
I1	20.314	a	24.048	b	26.048	b
I2	19.657	a	21.391	a	22.391	a
I3	19.339	a	21.072	a	22.072	a
I4	18.421	a	20.155	a	21.155	a
BNT 5%	1.157		1.500		1.773	
D1	19.201	a	21.434	a	22.684	a
D2	19.360	a	21.593	a	22.843	a
D3	19.738	a	21.971	a	23.221	a
BNT 5%	-		-		-	

Interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh lebih besar terhadap luas daun tanaman kacang merah dibandingkan dosis pupuk. Interval 1 minggu sekali menghasilkan luas daun tertinggi, terutama pada umur 21 dan 28 HST, karena mampu menjaga ketersediaan unsur hara secara berkelanjutan sehingga mendukung pembentukan dan perluasan daun (Siregar *et al.*, 2021).

Sebaliknya, dosis pupuk organik cair tidak memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun pada seluruh umur pengamatan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas POC lebih ditentukan oleh frekuensi aplikasi dibandingkan jumlah dosis, yang dipengaruhi oleh kondisi awal tanah dan kemampuan tanaman dalam menyerap hara (Isroi, 2020; Fahrurrozi *et al.*, 2023).

Jumlah Polong Per Tanaman (Polong)

Jumlah polong per tanaman merupakan indikator penting keberhasilan fase generatif kacang merah karena berhubungan langsung dengan proses pembungaan, penyerbukan, dan pembentukan biji, serta mencerminkan tingkat produktivitas tanaman. Jumlah polong yang tinggi menunjukkan kondisi fisiologis tanaman yang baik dan dukungan lingkungan tumbuh yang optimal.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap jumlah polong per tanaman, sedangkan dosis pupuk organik cair dan interaksi antara keduanya tidak menunjukkan pengaruh nyata. Uji lanjutan BNT taraf 5% dilakukan untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan interval pemberian dan dosis pupuk organik cair, sebagaimana disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Analisis Sidik Ragam Jumlah Polong Pertanaman Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

SK	db	F hitung		F tabel	
				0.05	0.01
Ulangan	2	0.623			
Perlak	11	2.073	ns	2.26	3.18
I	3	4.501	*	3.05	4.82
D	2	0.401	ns	3.44	5.72
I x D	6	1.416	ns	2.55	3.76
Galat	22				
Total	35				

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Tabel 4.8 Rerata Perlakuan Tunggal Jumlah Polong Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
I1	5.800	c
I2	4.281	a

I3	5.526	b
I4	5.030	ab
BNT 5%	0.798	
D1	5.033	a
D2	5.356	a
D3	5.089	a
BNT 5%	-	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Berdasarkan hasil pengamatan, interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap jumlah polong per tanaman kacang merah. Perlakuan interval 1 minggu sekali (I₁) menghasilkan jumlah polong tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan interval lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemupukan yang lebih sering mampu menjaga ketersediaan unsur hara secara kontinu sehingga mendukung proses pembungaan dan pembentukan polong secara optimal (Siregar *et al.*, 2021; Fahrurrozi *et al.*, 2023).

Sebaliknya, dosis pupuk organik cair tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah polong per tanaman. Peningkatan dosis dari 2 hingga 4 ml/L tidak menunjukkan perbedaan yang berarti, diduga karena pupuk organik cair bekerja secara lambat dan efektivitasnya lebih ditentukan oleh frekuensi aplikasi serta kondisi hara awal tanah. Hasil ini sejalan dengan Fitriani dan Supriyadi (2018) serta Utami *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa penambahan dosis POC tidak selalu meningkatkan hasil apabila kebutuhan hara tanaman telah terpenuhi.

Jumlah Polong Isi Per Tanaman (Biji)

Jumlah polong isi per tanaman merupakan indikator penting keberhasilan fase generatif kacang merah karena mencerminkan proses pembungaan, penyerbukan, dan pengisian biji yang berkontribusi langsung terhadap hasil panen (Gardner *et al.*, 1991; Marschner, 2012).

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh sangat nyata terhadap jumlah polong isi per tanaman, sedangkan dosis pupuk dan interaksi antara keduanya tidak berpengaruh nyata. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemberian pupuk lebih berperan dalam mendukung proses pembentukan dan pengisian polong dibandingkan peningkatan dosis. Uji lanjutan BNT taraf 5% dilakukan untuk mengetahui perbedaan antarperlakuan interval dan dosis pupuk organik cair, sebagaimana disajikan pada Tabel 9.

Tabel 4. 9 Analisis Sidik Ragam Jumlah Polong isi Pertanaman Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

SK	db	JK	KT	Fhit	F tab		
					5%	1%	
Ulangan	2	0.02	0.008	0.343			
Perlak	11	1.71	0.156	6.860	**	2.26	3.18
I	3	1.40	0.467	20.589	**	3.05	4.82
D	2	0.01	0.003	0.130	ns	3.44	5.72
I x D	6	0.30	0.051	2.239	ns	2.55	3.76
Galat	22	0.50	0.023				
Total	35	2.23					

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Tabel 4. 10 Rerata Perlakuan Tunggal Jumlah Polong isi Pertanaman Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
I1	2.436	d
I2	2.090	c
I3	2.079	bc
I4	1.889	a
BNT 5%	0.147	
D1	2.142	a
D2	2.116	a
D3	2.114	a
BNT 5%	-	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Jumlah polong isi per tanaman merupakan indikator utama keberhasilan fase generatif kacang merah karena mencerminkan proses pembungaan, pembuahan, hingga pengisian biji yang berkontribusi langsung terhadap produktivitas tanaman. Tingginya jumlah polong isi menunjukkan dukungan nutrisi dan kondisi fisiologis tanaman yang optimal selama fase reproduksi.

Hasil uji lanjut BNT 5% menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap jumlah polong isi per tanaman. Perlakuan interval 1 minggu sekali (I1) menghasilkan jumlah polong isi tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan interval lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa frekuensi pemupukan yang lebih sering mampu menyediakan unsur hara secara berkelanjutan sehingga mendukung proses pengisian biji secara optimal. Ketersediaan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang cukup berperan penting dalam mendukung fotosintesis, pembentukan bunga, dan pengisian biji (Fageria, 2009; Marschner, 2012).

Brangkasan Basah (gram)

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian dan dosis pupuk organik cair tidak berpengaruh nyata terhadap berangkasian basah tanaman kacang merah. Uji lanjutan BNT taraf 5% menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan nyata antarperlakuan interval maupun dosis pupuk organik cair.

Tabel 11 Analisis Sidik Ragam Berangkasian Basah Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

SK	db	F hitung		F tabel	
				0.05	0.01
Ulangan	2	33.429			
Perlakuan	11	0.510	ns	2,26	3,18
I	3	0.432	ns	3,05	4,82
D	2	0.023	ns	3,44	5,72
I x D	6	0.712	ns	2,55	3,76
Galat	22				
Total	35				

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian, dosis pupuk organik cair, serta interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap berangkasian basah tanaman kacang merah. Hal ini menunjukkan bahwa variasi interval dan dosis pupuk organik cair yang digunakan belum mampu meningkatkan biomassa segar tanaman secara signifikan.

Tidak signifikannya pengaruh perlakuan diduga karena rentang interval dan dosis yang masih berada dalam batas ambang respons tanaman, serta kemampuan sistem perakaran kacang merah yang relatif efisien dalam menyerap unsur hara sehingga pertumbuhan tanaman tetap stabil (Hardjowigeno, 2007; Sutejo, 2002). Selain itu, efektivitas pupuk organik cair sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan aktivitas mikroorganisme tanah yang berperan dalam proses mineralisasi unsur hara. Kondisi curah hujan, kelembaban, suhu, dan pH tanah yang kurang optimal dapat menghambat pelepasan dan ketersediaan hara bagi tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2006; Brady & Weil, 2016).

Dengan demikian, respons berangkasian basah terhadap pupuk organik cair tidak hanya ditentukan oleh perlakuan pemupukan, tetapi juga oleh kesesuaian kondisi lingkungan yang mendukung proses biogeokimia tanah.

Tabel 12 Rerata Perlakuan Tunggal Berangkasian Basah Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
I1	32,548	a
I2	30,556	a
I3	29,607	a
D4	28,985	a

BNT 5%	-	
D1	30,556	a
D2	30,644	a
D3	30,072	a
BNT 5%	-	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Berangkasian basah mencerminkan akumulasi biomassa tanaman kacang merah sebagai hasil pemanfaatan unsur hara dan fotosintesis. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair satu minggu sekali cenderung menghasilkan berangkasian basah tertinggi, meskipun berdasarkan uji BNT 5% tidak berbeda nyata antar perlakuan. Perlakuan dosis juga tidak menunjukkan pengaruh nyata, yang mengindikasikan bahwa kisaran dosis yang digunakan masih berada pada tingkat optimal. Secara deskriptif, kombinasi interval satu minggu sekali dan dosis menengah menunjukkan kecenderungan positif terhadap akumulasi biomassa segar tanaman.

Brangkasian Kering (gram)

Berdasarkan hasil analisis sidik ragam, parameter berangkasian kering menunjukkan bahwa perlakuan interval pemberian pupuk organik cair (I) dan dosis pupuk organik cair (D) tidak berbeda nyata. Oleh karena itu, kedua faktor tersebut selanjutnya diuji menggunakan uji BNT taraf 5%.

Tabel 13 Analisis Sidik Ragam Berangkasian Kering Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

SK	db	F hitung	F tabel	
			0.05	0.01
Ulangan	2	0.424		
Perlakuan	11	3.198	*	2,26
I	3	8.713	**	3,05
D	2	3.493	*	3,44
I x D	6	0.342	ns	2,55
Galat	22	0.424		
Total	35	3.198		

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Berangkasian kering merupakan indikator akumulasi biomassa tanaman. Berdasarkan analisis sidik ragam pada Tabel 4.12, perlakuan interval pemberian dan dosis pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman kacang merah pada taraf 5%. Faktor interval pemberian menunjukkan pengaruh sangat nyata, sedangkan faktor dosis berpengaruh nyata. Namun, interaksi antara interval dan dosis tidak berpengaruh nyata, yang menunjukkan bahwa

kedua faktor bekerja secara independen dalam mempengaruhi akumulasi biomassa kering tanaman.

Tabel 4. 14 Rerata Perlakuan Tunggal Berangkasan Kering Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
I1	12.311	c
I2	11.215	bc
I3	10.326	ab
I4	9.548	a
BNT 5%	1.18	
D1	11.28	b
D2	11.2	b
D3	10.1	a
BNT 5%	1.02	

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Hasil rerata berat kering tanaman kacang merah menunjukkan bahwa interval dan dosis pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap akumulasi biomassa. Interval pemberian satu minggu sekali (I1) menghasilkan berat kering tertinggi (12,311 g) dan berbeda nyata dibandingkan interval empat minggu sekali (I4), menunjukkan bahwa frekuensi pemupukan yang lebih sering mampu meningkatkan pertumbuhan biomassa. Hal ini berkaitan dengan tersedianya unsur hara secara berkelanjutan yang mendukung fotosintesis dan pembentukan jaringan tanaman.

Pada perlakuan dosis, dosis terendah (D1: 2 ml/L) menghasilkan berat kering tertinggi, sedangkan dosis tertinggi (D3: 4 ml/L) memberikan hasil terendah dan berbeda nyata. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis tidak selalu meningkatkan biomassa, karena dosis berlebih dapat menghambat penyerapan hara akibat tekanan osmotik. Dengan demikian, interval pemupukan yang sering (I1) dengan dosis rendah hingga sedang (D1–D2) merupakan perlakuan paling efektif dalam meningkatkan berat kering tanaman kacang merah.

Tabel 15 Rerata Perlakuan Tunggal Berangkasan Kering Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
I1	12.311	c
I2	11.215	bc
I3	10.326	ab

I4	9.548	a
BNT 5%	1.18	
D1	11.28	b
D2	11.2	b
D3	10.1	a
BNT 5%	1.02	

Keterangan : Angka yang didikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada Uji Beda Nyata Terkecil pada taraf $\alpha=5\%$.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval dan dosis pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap berat kering tanaman kacang merah. Interval pemberian satu minggu sekali (I1) menghasilkan berat kering tertinggi, yang menunjukkan bahwa ketersediaan hara secara kontinu mampu meningkatkan akumulasi biomassa. Menurut Siregar *et al.*, (2021), frekuensi pemupukan yang lebih sering meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara dan mendukung pembentukan jaringan tanaman secara optimal. Sebaliknya, interval yang terlalu panjang dapat menyebabkan kekurangan hara pada fase pertumbuhan kritis sehingga pertumbuhan biomassa terhambat.

Pada perlakuan dosis, dosis rendah hingga sedang (D1–D2) memberikan berat kering lebih tinggi dibandingkan dosis tinggi (D3). Yuliana dan Wibowo (2019) menyatakan bahwa dosis pupuk organik cair yang berlebihan dapat menurunkan efisiensi penyerapan hara akibat kejenuhan nutrisi dan tekanan osmotik di sekitar akar. Oleh karena itu, Brady dan Weil (2016) menegaskan bahwa pemupukan yang efektif harus mempertimbangkan keseimbangan dosis dan kebutuhan fisiologis tanaman.

Berat 100 Biji (gram)

Berat 100 biji digunakan sebagai indikator kualitas hasil kacang merah karena mencerminkan keberhasilan pengisian biji pada fase generatif yang dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman dan ketersediaan unsur hara (Fageria, 2009; Taiz *et al.*, 2015). Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa interval pemberian pupuk organik cair dan dosis pupuk organik cair berpengaruh nyata terhadap berat 100 biji, sedangkan interaksi keduanya tidak berpengaruh nyata, sehingga pengujian dilanjutkan dengan uji BNT taraf 5% (Tabel 15).

Tabel 16 Analisis Sidik Ragam Berat 100 biji (gram) Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

SK	db	JK	KT	Fhit	F tab	
					5%	1%
Ulangan	2	44.05	22.023	1.002		

Perlak	11	4912.87	446.624	20.316	**	2.26	3.18
I	3	4397.90	1465.966	66.683	**	3.05	4.82
D	2	186.38	93.188	4.239	*	3.44	5.72
I x D	6	328.59	54.766	2.491	ns	2.55	3.76
Galat	22	483.65	21.984				
Total	35	5440.56					

Keterangan : ** : berbeda sangat nyata * : Berbeda nyata ns : tidak berbeda nyata

Hasil penelitian menunjukkan bahwa interval dan dosis pupuk organik cair (POC) berperan penting dalam pembentukan dan pengisian biji kacang merah (*Phaseolus vulgaris* L.), namun interval pemberian memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap peningkatan berat 100 biji. Interval pemberian yang lebih sering, khususnya satu minggu sekali, mampu menjaga ketersediaan unsur hara secara stabil selama fase generatif sehingga mendukung efisiensi fotosintesis dan memperlancar translokasi asimilat ke biji, yang pada akhirnya meningkatkan berat dan kualitas biji (Marschner, 2012). Ketersediaan hara yang berkelanjutan juga menjaga aktivitas metabolisme, enzim, serta hormon pertumbuhan yang berperan dalam pembelahan dan pembesaran sel biji. Sebaliknya, interval pemupukan yang terlalu panjang berpotensi menimbulkan kekosongan hara pada fase kritis pengisian biji sehingga menurunkan bobot biji. Respons ini berkaitan erat dengan parameter pertumbuhan lainnya, seperti jumlah daun, berat berangkasan, dan jumlah polong isi, yang menunjukkan bahwa keberhasilan fase generatif sangat ditentukan oleh dukungan pertumbuhan vegetatif yang optimal. POC yang mengandung unsur hara makro, mikro, dan senyawa organik aktif juga meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah dan ketersediaan hara (Supriyadi & Nurliana, 2020). Namun, dosis yang berlebihan dapat menimbulkan stres osmotik dan menurunkan efisiensi penyerapan hara (Isroi *et al.*, 2021). Oleh karena itu, keseimbangan antara interval pemberian yang tepat dan dosis yang moderat menjadi kunci dalam meningkatkan hasil dan kualitas biji kacang merah.

Tabel 4. 17 Rerata Perlakuan Tunggal Berat 100 biji (gram) Akibat Pengaruh Interval Pemberian dan Dosis Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Merah (*Phaseolus vulgaris L.*)

Perlakuan	Rerata Perlakuan Tunggal	
	14 HST	
I1	74.733	d
I2	66.778	c
I3	55.333	b
I4	45.667	a
BNT 5%	4.584	
D1	58.000	a
D2	60.333	ab
D3	63.550	b
BNT 5%	3.970	

Berdasarkan Tabel 16, interval pemberian pupuk organik cair (POC) berpengaruh sangat nyata terhadap berat 100 biji kacang merah (*Phaseolus vulgaris L.*). Interval satu minggu sekali (I1) menghasilkan berat 100 biji tertinggi dan menurun seiring semakin panjangnya interval pemberian hingga terendah pada I4. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan unsur hara yang kontinu selama fase pengisian biji sangat menentukan keberhasilan pengisian dan peningkatan bobot biji. Pada faktor dosis, dosis tertinggi D3 (4 ml/L) memberikan berat 100 biji tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan dosis yang lebih rendah.

Secara fisiologis, pemberian POC dengan interval lebih sering meningkatkan efisiensi fotosintesis dan translokasi asimilat ke biji, terutama pada kondisi tanah dengan tingkat kesuburan sedang hingga rendah (Marschner, 2012). Peningkatan berat biji juga berkaitan dengan jumlah daun, berat berangkasan, dan jumlah polong isi yang lebih tinggi. POC berperan dalam melengkapi unsur hara makro dan mikro serta meningkatkan aktivitas mikroba tanah (Supriyadi & Nurliana, 2020), namun dosis berlebihan berpotensi menimbulkan stres osmotik dan menurunkan efisiensi serapan hara (Isroi *et al.*, 2021).

Konversi hasil berat 100 biji (ton ha⁻¹)

Konversi berat 100 biji ke satuan ton ha⁻¹ digunakan untuk mengestimasi produktivitas kacang merah pada skala lahan berdasarkan parameter berat biji. Pendekatan ini mengaitkan bobot rata-rata biji dengan populasi tanaman per hektar sehingga diperoleh gambaran potensi hasil panen secara kuantitatif. Nilai hasil yang diperoleh mencerminkan efisiensi pengisian biji, kapasitas fotosintesis, serta kecukupan unsur hara selama fase generatif tanaman (Fageria, 2009; Taiz *et al.*, 2015).

Populasi tanaman per hektar dihitung berdasarkan jarak tanam menggunakan rumus: Populasi tanaman = 10.000 m² / (jarak antar baris × jarak dalam baris). Dengan jarak tanam 40 cm × 20 cm (0,4 m × 0,2 m), diperoleh populasi sebanyak 125.000 tanaman

ha⁻¹. Estimasi hasil per hektar kemudian dihitung dengan rumus: (Berat 100 biji / 100) × jumlah biji per hektar. Konversi ini memungkinkan perbandingan hasil antar perlakuan secara lebih aplikatif dalam konteks produksi dan evaluasi manajemen pemupukan (Salisbury & Ross, 1995).

Tabel Perhitungan Konversi hasil berat 100 biji

Perlakuan		Rerata Berat 100 Biji (gram)	Konversi Hasil (gram)	Konversi Hasil (kg)
I1	D1	78.200	977.500,00	977,500
	D2	75.333	941.666,67	941,667
	D3	70.667	883.333,33	883,333
I2	D1	68.667	858.333,33	858,333
	D2	61.667	770.833,33	770,833
	D3	70.000	875.000,00	875,000
I3	D1	58.667	733.333,33	733,333
	D2	59.667	745.833,33	745,833
	D3	47.667	595.833,33	595,833
I4	D1	48.667	608.333,33	608,333
	D2	44.667	558.333,33	558,333
	D3	43.667	545.833,33	545,833

Berdasarkan hasil konversi berat 100 biji pada Tabel Konversi, perlakuan interval pemberian satu minggu sekali dengan dosis D1 (I1D1) menghasilkan hasil tertinggi, yaitu berat 100 biji sebesar 78,200 g yang setara dengan 0,9775 ton ha⁻¹. Nilai ini lebih tinggi dibandingkan seluruh perlakuan lainnya, menunjukkan bahwa frekuensi pemberian POC yang optimal dengan dosis sesuai mampu meningkatkan produktivitas kacang merah secara nyata. Secara fisiologis, interval pemberian yang lebih sering menjamin ketersediaan hara yang stabil selama fase pengisian biji, sehingga mendukung fotosintesis, translokasi asimilat, dan akumulasi cadangan makanan dalam biji (Marschner, 2012).

Peningkatan hasil pada perlakuan I1D1 juga berkaitan dengan parameter pertumbuhan lainnya, seperti jumlah daun, berangkasan, dan jumlah polong isi yang lebih tinggi, yang secara berurutan mendukung peningkatan berat biji dan hasil panen. Sebaliknya, interval pemberian yang lebih jarang menyebabkan keterbatasan hara pada fase kritis pertumbuhan sehingga menurunkan efisiensi pengisian biji dan produktivitas tanaman (Fageria, 2009; Isroi *et al.*, 2021). Dosis pupuk yang terlalu tinggi juga tidak selalu meningkatkan hasil karena berpotensi menimbulkan stres osmotik dan menurunkan efisiensi serapan hara. Dengan demikian, kombinasi interval pemberian satu minggu sekali dengan dosis rendah–sedang merupakan strategi pemupukan paling efektif dalam meningkatkan hasil kacang merah.

KESIMPULAN

Pertumbuhan dan hasil tanaman kacang merah terbaik diperoleh pada interval pemberian pupuk organik cair satu minggu sekali dengan dosis 2 ml/L. Interval pemberian satu minggu sekali merupakan perlakuan paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil generatif tanaman kacang merah.

REFERENSI

- Anonim. (2021). *Pemupukan Berimbang untuk Pertanian Lebih Baik*. Pustaka.Setjen.Pertanian.Go.Id. <https://pustaka.setjen.pertanian.go.id/index-berita/pemupukan-berimbang-untuk-pertanian-lebih-baik>.
- Anonim. (2024). *Produksi, Luas Panen dan Produktivitas Kacang Tanah per Tahun Kota Banjar*. Opendata.Banjarkota.Go.Id. <https://opendata.banjarkota.go.id/infografik/produksi-luas-panen-dan-produktivitas-kacang-tanah-per-tahun-kota-banjar->.
- Eka Nuryani. (2019). *Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bayam (Amaranthus tricolor)*. Jurnal Ilmiah Pertanian, 16(1), 45–52.
- Fageria, N. K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*. CRC Press.
- Isroi, Darmawan, B., & Yuliani, A. (2021). *Efisiensi penggunaan pupuk organik cair berbasis limbah pertanian terhadap pertumbuhan dan serapan hara tanaman jagung*. Jurnal Tanah dan Lingkungan, 23(2), 109–117.
- Limanseto, H. (2021). *Strategi Menjaga Ketahanan Pangan Nasional dalam Agenda Pembangunan Nasional*. Ekon.Go.Id. <https://www.ekon.go.id/publikasi/detail/3496/strategi-menjaga-ketahanan-pangan-nasional-dalam-agenda-pembangunan-nasional>
- Marschner, H. (2012). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (3rd ed.). Academic Press.
- Panggabean, R. S. N. C. G. K. dan S. U. H. (2024). *Membangun Ketahanan Pangan Indonesia 2030*. Wri Indonesia. <https://wri-indonesia.org/id/wawasan/membangun-ketahanan-pangan-indonesia-2030>
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Plant Physiology* (4th ed.). Wadsworth Publishing Company.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant Physiology and Development* (6th ed.). Sinauer Associates, Inc.