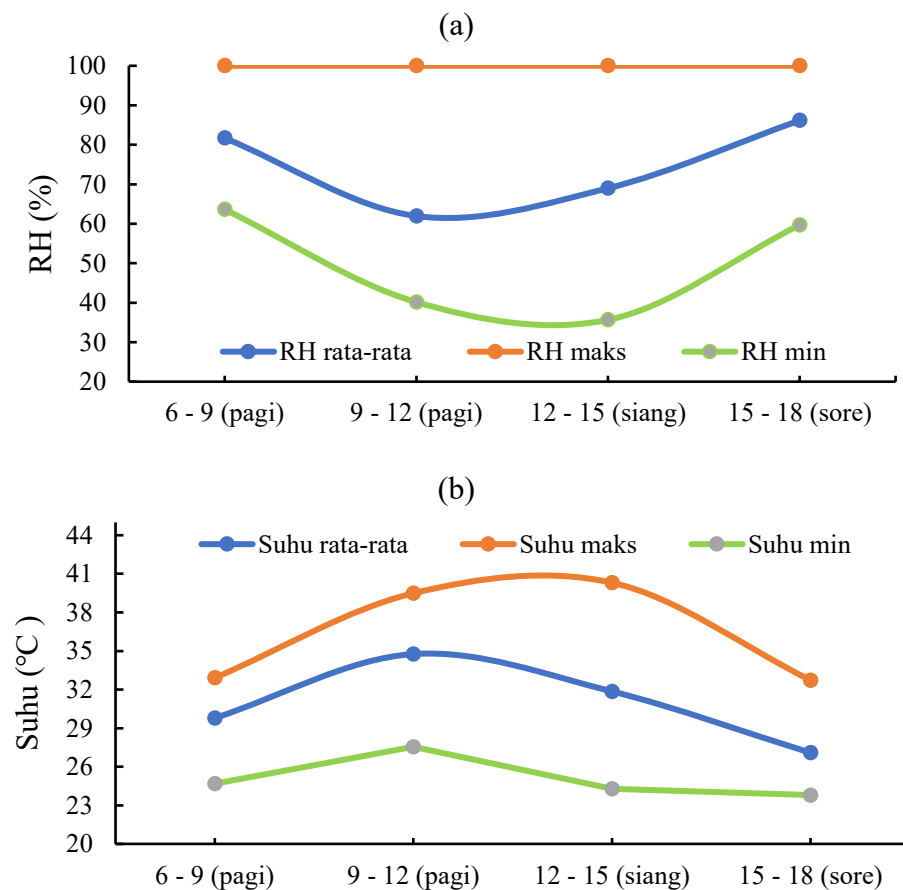


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum Penelitian

Kondisi lingkungan di dalam *screenhouse* *Agroecotechnopark* Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro. Pengambilan data suhu dan kelembapan relatif di dalam *screenhouse* menggunakan data minimum dan maksimum.



Ilustrasi 2. Fluktuasi Rata-rata Kelembapan Relatif (a) dan Suhu (b) di dalam *screenhouse* pada pukul 06.00-18.00.

Kelembapan relatif yang dibutuhkan oleh tanaman nilam berkisar $> 75\%$ untuk membantu menjaga keseimbangan air dalam jaringan tanaman, mendukung proses fisiologis, dan menjaga pertumbuhan vegetatif tetap optimal (Kumar *et al.*, 2024). Kelembapan relatif (RH) di dalam *screenhouse* selama penelitian memiliki rata-rata kelembapan relatif yang berkisar $61,94 - 86,18\ %RH$ dengan nilai kelembapan relatif maksimum pada pukul 06.00-09.00, 9.00-12.00, 12.00-15.00, 15.00-18.00 sebesar $100\ %RH$ dan kelembapan minimum pada pukul 06.00-09.00, 9.00-12.00, 12.00-15.00, 15.00-18.00 sebesar $63,61; 40,16; 35,65; \text{ dan } 59,69\ %RH$.

Tanaman nilam merupakan tanaman tropis yang dapat tumbuh secara optimal pada suhu maksimum $30 - 32\ ^\circ C$, suhu minimum $18 - 21\ ^\circ C$, dan suhu optimum pada $27\ ^\circ C$ (Kusumaningrum *et al.*, 2016). Suhu di dalam *screenhouse* selama penelitian memiliki rata-rata suhu yang berkisar $27,09 - 34,76\ ^\circ C$ dengan nilai suhu maksimum pada pukul 06.00-09.00, 9.00-12.00, 12.00-15.00, 15.00-18.00 sebesar $32,91; 39,49; 40,31; \text{ dan } 32,73\ ^\circ C$ serta suhu minimum pada pukul 06.00-09.00, 9.00-12.00, 12.00-15.00, 15.00-18.00 sebesar $24,69; 27,55; 24,29; \text{ dan } 23,80\ ^\circ C$.

4.2. Hasil Analisis Tanah

Media tanam yang digunakan dalam penelitian meliputi tanah dan pupuk kandang kambing yang telah dianalisis sifat kimianya di Laboratorium Balai Pengujian Standar Instrumen Lingkungan Pertanian, Pati. Hasil analisis sifat kimia pada media tanaman yang didapat tersaji pada Tabel 1. Hasil analisis sifat kimia media tanam yang digunakan dalam penelitian menunjukkan bahwa pupuk kandang

kambing, tanah, dan campuran pupuk kandang kambing dengan tanah memiliki nilai karakteristik yang berbeda.

Tabel 1. Analisis Sifat Kimia Media Tanam Tanaman Nilam

Parameter	Nilai			Status
	Pupuk Kandang	Tanah	Pupuk Kandang + Tanah	
pH H ₂ O	7,80	5,90	6,10	Agak masam
C-Organik (%)	21,93	2,62	6,41	Sangat tinggi
N Total (%)	1,75	0,25	0,45	Tinggi
Rasio C/N	12,53	10,48	14,24	Sedang
KTK (cmol(+) kg ⁻¹)	15,93	26,84	29,61	Tinggi
Unsur Hara Makro tersedia				
- P Tersedia (mg kg ⁻¹)	-	8,93	51,91	Tinggi
- K Tersedia (mg kg ⁻¹)	-	176,99	1.100,00	Sangat tinggi
Unsur Hara Makro Total				
- P Total (mg kg ⁻¹)	6.700,00	-	-	Sangat tinggi
- K Total (mg kg ⁻¹)	10.700,00	-	-	Sangat tinggi

Hasil analisis sifat kimia media tanam menunjukkan bahwa pupuk kandang kambing memiliki kandungan bahan organik dan unsur hara yang lebih tinggi dibandingkan tanah. Pencampuran pupuk kandang kambing dengan tanah mampu meningkatkan kualitas media tanam yang ditunjukkan oleh peningkatan parameter C-organik menjadi 6,41%, N total menjadi 0,45%, dan pH menjadi 6,10. Peningkatan bahan organik melalui pemberian pupuk kandang mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah dan ketersediaan N total yang dapat meningkatkan kesuburan tanah, pertumbuhan vegetatif, dan hasil biomassa

tanaman nilam (Soibam *et al.*, 2022). Rasio C/N pupuk kandang kambing memiliki nilai 12,53 yang menunjukkan bahwa pupuk kandang telah terdekomposisi dengan baik. Pupuk kandang dapat dikategorikan matang apabila nilai rasio $C/N \leq 23$, sedangkan rasio yang mendekati 10 menunjukkan tingkat kematangan yang lebih tinggi. Pada kondisi tersebut, proses mineralisasi unsur hara dapat berlangsung lebih optimal sehingga unsur hara menjadi lebih mudah tersedia bagi tanaman (Huang *et al.*, 2017).

Campuran tanah dan pupuk kandang menunjukkan peningkatan nilai KTK menjadi 29,61 cmol(+) kg⁻¹. Peningkatan kapasitas pertukaran kation pada media tanam mampu meningkatkan kapasitas penyimpanan hara, kemampuan media dalam mempertahankan unsur hara tersedia akibat pencucian, dan efisiensi pemanfaatan hara oleh tanaman (Xu *et al.*, 2021). Pupuk kandang kambing mampu meningkatkan kadar P dan K tersedia dalam tanah hingga 6-9 kali lipat menjadi 51,91 dan 1.100,00 mg kg⁻¹. Peningkatan bahan organik dalam tanah akibat proses mineralisasi yang secara bertahap melepaskan unsur hara makro dapat meningkatkan kadar fosfor dan kalium tersedia untuk mendukung pembelahan sel, perkembangan akar, proses metabolisme, dan proses fisiologis tanaman secara optimal (Penn dan Camberato, 2019).

4.3. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam

Hasil analisis ragam pada seluruh variabel pengamatan disajikan pada Tabel 2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variabel yang berbeda nyata pada interaksi perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing terdapat pada

tinggi tanaman, lebar kanopi, indeks kehijauan daun, jumlah daun, dan bobot segar daun.

Tabel 2. Rekapitulasi Hasil Analisis Ragam Seluruh Variabel Pertumbuhan, Fisiologis, dan Produksi Tanaman Nilam

No	Variabel	Konsentrasi Giberelin (G0/G1/G2)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (B0/B1)	Interaksi (GxB) (G0/G1/G2)
1	Tinggi Tanaman	*(b/a/a)	*(b/a)	*B0(c/b/b) B1 (ab/a/a)
2	Lebar Kanopi	*(a/b/b)	*(b/a)	*B0(b/c/c) B1(a/a/a)
3	Indeks Kehijauan Daun	tn	*(b/a)	*B0(ab/b/c) B1 (a/a/a)
4	Jumlah cabang primer dan sekunder	tn	*(b/a)	tn
5	Jumlah daun	tn	*(b/a)	*B0(b/b/c) B1(a/a/a)
6	Bobot segar daun	tn	*(b/a)	*B0(b/b/c) B1(a/a/a)
7	Bobot segar batang	tn	*(b/a)	tn
8	Bobot segar tajuk	tn	*(b/a)	tn
9	Bobot helai daun	tn	*(b/a)	tn
10	Kadar N	tn	*(a/b)	tn
11	Kadar P	tn	*(b/a)	tn
12	Kadar K	tn	tn	tn

(*) berpengaruh nyata pada taraf 5%; (tn) tidak berpengaruh nyata; (a, b, c) superskrip

Perlakuan konsentrasi giberelin berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, dan lebar kanopi. Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap hampir seluruh variabel, seperti tinggi tanaman, lebar kanopi, indeks kehijauan daun, jumlah cabang sekunder, jumlah daun, bobot segar daun, bobot segar batang, bobot segar tajuk, dan bobot helai daun, tetapi tidak pada kadar unsur hara K.

4.4. Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman nilam (Lampiran 7). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosis pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel tinggi tanaman tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Tinggi Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----cm-----		
0	37,33 ^c	59,33 ^{ab}	48,33 ^b
150	53,04 ^b	67,79 ^a	60,42 ^a
300	52,79 ^b	62,96 ^a	57,88 ^a
Rata-rata	47,72 ^b	63,36 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing yang berbeda nyata pada variabel tinggi tanaman 30 MST. Pada dosis pupuk kandang 5 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 150 ppm memberikan hasil lebih tinggi dari perlakuan lainnya sebesar 67,79 cm, namun tidak berbeda nyata dengan 300 ppm, sehingga konsentrasi giberelin tidak berpengaruh apabila tanaman nilam diberi pupuk kandang kambing. Pupuk kandang kambing mengandung unsur hara makro esensial (N, P, K), unsur hara mikro, dan bahan organik yang berperan dalam memperbaiki struktur tanah dan aktivitas mikroba yang mendukung hasil

pertumbuhan vegetatif tanaman (Tarigan *et al.*, 2026). Proses pematangan pada pupuk kandang kambing mampu menghasilkan ketersediaan unsur hara dalam tanah dalam bentuk yang mudah diserap tanaman. Pupuk kandang kambing memiliki kadar N tersedia yang mendukung pembentukan asam amino dan protein struktural yang menjadi suplai energi dalam proses pembelahan sel pada meristem apikal oleh giberelin yang mampu meningkatkan tinggi tanaman (Shi *et al.*, 2024). Peningkatan pertumbuhan batang pada perlakuan pupuk kandang diduga berkaitan dengan meningkatnya ketersediaan unsur hara yang dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Proses pematangan yang terjadi pada pupuk kandang kambing, mampu menghasilkan unsur hara N dalam bentuk tersedia yang mendukung sintesis klorofil untuk pertumbuhan batang tanaman karena mudah diserap oleh tanaman (Khadim, 2021).

Dosis pupuk kandang kambing 0 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0 ppm berbeda nyata dengan 150 dan 300 ppm, sehingga konsentrasi giberelin berpengaruh ketika tanaman tidak diberi pupuk kandang kambing. Berdasarkan penelitian Misra (1995) aplikasi giberelin secara foliar pada tanaman nilam meningkatkan tinggi tanaman, jumlah ruas, biomassa daun, luas daun, dan kandungan klorofil. Respons tanaman terhadap peningkatan konsentrasi giberelin dapat berubah ketika aplikasi hormon melebihi kebutuhan fisiologis tanaman. Pemberian konsentrasi giberelin yang berlebihan dapat menyebabkan tanaman menonaktifkan jalur biosintesis giberelin alami untuk tanaman mencapai kondisi homeostatis sehingga aktivitas metabolisme seluler sehingga pematangan batang berhenti (Gao dan Chu, 2020).

4.5. Lebar Kanopi

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin berpengaruh nyata terhadap lebar kanopi tanaman nilam (Lampiran 8). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap lebar kanopi tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosis pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap lebar kanopi tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel lebar kanopi tanaman tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4. Lebar Kanopi Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----cm-----		
0	55,04 ^b	81,88 ^a	68,46 ^a
150	44,69 ^c	80,83 ^a	62,76 ^b
300	44,04 ^c	78,83 ^a	61,44 ^b
Rata-rata	47,92 ^b	80,51 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 4 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing yang berbeda nyata pada variabel lebar kanopi tanaman 30 MST. Pada dosis pupuk kandang 5 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0, 150, dan 300 ppm tidak berbeda nyata, sehingga konsentrasi giberelin tidak berpengaruh apabila tanaman nilam diberi pupuk kandang kambing. Ketersediaan unsur hara dari pupuk kandang dalam bentuk yang mudah diserap oleh tanaman dapat mendukung pembelahan dan pemanjangan sel sehingga pembentukan cabang lateral dan pelebaran kanopi menjadi lebih optimal (Trivana *et al.*, 2017). Pupuk kandang kambing memiliki kadar unsur hara makro

seperti nitrogen dan kalium yang mampu mendukung pertumbuhan cabang lateral tanaman. Unsur hara kalium berperan dalam pembentukan cabang lateral, penguatan batang, dan translokasi hasil fotosintesis yang dapat mendukung pembentukan kanopi yang lebih luas (Singh, 2014).

Dosis pupuk kandang kambing 0 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0 ppm berbeda nyata dengan 150 dan 300 ppm, sehingga konsentrasi giberelin berpengaruh ketika tanaman tidak diberi pupuk kandang kambing. Giberelin merangsang pelonggaran dinding sel yang menyebabkan kandungan air di dalam sel menurun sehingga memungkinkan sel menyerap air lebih banyak dan memanjang secara vertikal karena terjadi peningkatan volume sel tanaman (Jones dan Kaufman, 1983). Giberelin lebih berpengaruh dalam pemanjangan batang utama sehingga pertumbuhan lateral tanaman menjadi terhambat. Giberelin menginduksi degradasi protein DELLA yang berperan dalam menekan pemanjangan dan pembelahan sel tanaman, sehingga kadar giberelin aktif yang berbanding terbalik dengan protein DELLA dalam tanaman menyebabkan respon pertumbuhan tanaman akibat giberelin meningkat (Ritonga *et al.*, 2023).

4.6. Indeks Kehijauan Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap indeks kehijauan daun tanaman nilam (Lampiran 9). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap indeks kehijauan daun tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap indeks kehijauan daun

tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel indeks kehijauan daun tanaman tersaji dalam Tabel 5.

Tabel 5. Indeks Kehijauan Daun Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
0	40,19 ^{ab}	42,62 ^a	41,40
150	35,59 ^b	44,16 ^a	39,87
300	28,37 ^c	45,97 ^a	37,17
Rata-rata	34,71 ^b	44,25 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 5 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing yang berbeda nyata pada variabel indeks kehijauan daun tanaman 30 MST. Pada dosis pupuk kandang 5 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0, 150, dan 300 ppm tidak berbeda nyata, sehingga konsentrasi giberelin tidak berpengaruh apabila tanaman nilam diberi pupuk kandang kambing. Berdasarkan penelitian Fallah *et al.* (2024) pada tanaman aromatik famili Lamiaceae yaitu lemon balm, pemberian pupuk kandang domba (*sheep manure*) menunjukkan adanya peningkatan klorofil sebesar 9,09% dari tanaman kontrol sehingga menunjukkan bahwa ketersediaan hara dari pupuk organik berperan penting dalam akumulasi pigmen fotosintetik. Unsur nitrogen dalam pupuk kandang kambing berperan dalam menyusun molekul klorofil pada daun. Pupuk kandang kambing meningkatkan prosositas tanah dan mampu mengikat mineral lebih kuat sehingga akar tanaman mendapatkan ruang yang cukup untuk menyerap mineral dalam tanah (Guo *et al.*, 2019). Penelitian Rymbai *et al.* (2021) menunjukkan bahwa kandungan klorofil tanaman nilam tertinggi pada

perlakuan giberelin konsentrasi 150 ppm sebesar 2,57 mg/g sedangkan kandungan klorofil tanaman nilam perlakuan kontrol tanpa giberelin sebesar 1,62 mg/g.

Dosis pupuk kandang kambing 0 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 300 ppm memiliki hasil yang berbeda nyata dengan 0 dan 150 ppm. Penelitian Alam *et al.* (2026) menunjukkan bahwa kandungan klorofil pada perlakuan kombinasi konsentrasi giberelin 50 ppm dengan 66 kg Urea/ha memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya yaitu 56,13%. Pemberian giberelin yang merangsang pembelahan sel dengan kombinasi pemberian pupuk kandang kambing yang mencukupi kebutuhan unsur hara tanaman dapat menjaga fisiologis tanaman tetap optimal. Pupuk kandang kambing dapat meningkatkan kandungan klorofil tanaman sehingga juga meningkatkan efisiensi fotosintesis dan produksi karbohidrat pada tanaman (Prihatiningrum *et al.*, 2023).

4.7. Jumlah Cabang Primer dan Sekunder

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang primer dan sekunder tanaman nilam (Lampiran 10). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang primer dan sekunder tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang primer dan sekunder tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel jumlah cabang primer dan sekunder tanaman tersaji dalam Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah Cabang Primer dan Sekunder Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----cabang-----		
0	23,67	61,50	42,58
150	24,50	49,08	36,79
300	18,77	46,40	32,58
Rata-rata	22,31 ^b	52,33 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 6 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel jumlah cabang primer dan sekunder tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 5 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 52,33 cabang dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 0 ton/ha. Pupuk kandang kambing mengalami proses dekomposisi bahan organik sehingga unsur hara yang terkandung menjadi lebih tersedia dan mudah diserap tanaman sehingga mampu meningkatkan percabangan tanaman (Prihatiningrum *et al.*, 2023). Pupuk kandang kambing yang telah matang mampu memperbaiki struktur tanah sehingga penyerapan unsur hara oleh tanaman lebih optimal. Ketersediaan unsur hara dan perbaikan struktur tanah dari perlakuan dosis pupuk kandang kambing dapat menunjang pertumbuhan vegetatif dan penyerapan unsur hara oleh akar tanaman nilam (Swamy dan Sinniah, 2016).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel jumlah cabang primer dan sekunder tanaman 30 MST. Tanaman memiliki batas konsentrasi giberelin yang diterima sehingga pemberian giberelin dengan konsentrasi yang berlebihan menyebabkan efek yang berkebalikan dari peran

giberelin dalam pemanjangan dan pembelahan sel tanaman (Vandenbussche *et al.*, 2007). Pengaruh giberelin terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman lebih terlihat pada pemanjangan sel dibandingkan pembentukan organ baru. Giberelin lebih dominan mempengaruhi pemanjangan batang dan tinggi tanaman, sedangkan peningkatan jumlah cabang lebih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (Storck *et al.*, 2013).

4.8. Jumlah Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman nilam (Lampiran 12). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel jumlah daun tanaman tersaji dalam Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Daun Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----helai-----		
0	478,83 ^b	1.079,83 ^a	779,33
150	384,17 ^b	1.068,33 ^a	726,25
300	46,80 ^c	1.460,00 ^a	753,40
Rata-rata	303,27 ^b	1.202,72 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 7 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing yang berbeda nyata pada

variabel jumlah daun tanaman 30 MST. Pada dosis pupuk kandang 5 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0, 150, dan 300 ppm tidak berbeda nyata, sehingga konsentrasi giberelin tidak berpengaruh apabila tanaman nilam diberi pupuk kandang kambing. Pupuk kandang kambing berperan dalam menyediakan unsur hara yang tersedia, meningkatkan kemampuan tanah menyimpan air, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan bahan organik tanah, dan menurunkan kerapatan tanah sehingga tanah menjadi lebih gembur dan akar tanaman dapat bergerak menyerap unsur hara lebih baik (Indira dan Annadurai, 2015). Bahan organik berperan sebagai sumber unsur hara yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Pengaruh dosis pupuk kandang kambing menunjukkan pentingnya unsur hara pendukung dari bahan organik pada pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman nilam (Rinaldi *et al.*, 2022).

Dosis pupuk kandang kambing 0 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 300 ppm memiliki hasil yang berbeda nyata dengan 0 dan 150 ppm. Berdasarkan penelitian Ruke *et al.* (2023) perlakuan kombinasi giberelin dengan perlakuan lainnya memiliki hasil yang lebih tinggi yaitu 57,10 helai/tanaman dibandingkan dengan perlakuan giberelin tanpa kombinasi yaitu 41,17 helai/tanaman. Peningkatan jumlah daun karena peran giberelin dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel dengan ketersediaan unsur hara dari pupuk kandang kambing yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman nilam. Respons daun terhadap aplikasi giberelin didukung dengan kecukupan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Perkembangan daun tanaman dipengaruhi oleh keseimbangan giberelin dengan ketersediaan karbon dan nutrisi tanaman, aktivitas giberelin yang tinggi

tanpa dukungan nutrisi yang cukup dapat mengganggu perkembangan daun tanaman (Ritonga *et al.*, 2023).

4.9. Bobot Segar Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar daun tanaman nilam (Lampiran 14). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap bobot segar daun tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosis pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap bobot segar daun tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel bobot segar daun tanaman tersaji dalam Tabel 8.

Tabel 8. Bobot Segar Daun Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----g-----		
0	85,11 ^b	261,65 ^a	173,38
150	73,43 ^b	310,28 ^a	191,86
300	6,71 ^c	379,78 ^a	193,24
Rata-rata	55,08 ^b	317,24 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 8 menunjukkan adanya interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dan dosis pupuk kandang kambing yang berbeda nyata pada variabel bobot segar daun tanaman 30 MST. Pada dosis pupuk kandang 5 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 0, 150, dan 300 ppm tidak berbeda nyata, sehingga konsentrasi giberelin tidak berpengaruh apabila tanaman nilam diberi pupuk kandang kambing. Penelitian Honorato *et al.* (2024) menunjukkan bahwa perlakuan

pupuk kandang kambing dengan dosis 5 ton/ha mampu meningkatkan bobot segar daun sebanyak 3,4% dari perlakuan kontrol pada tanaman famili Lamiaceae. Pupuk kandang berperan sebagai sumber unsur hara yang mendukung aktivitas fisiologis tanaman. Hormon giberelin lebih berperan dalam pemanjangan sel dibandingkan peningkatan akumulasi biomassa daun, perlakuan giberelin juga membutuhkan ketersediaan hara yang cukup untuk menstimulasi pertumbuhan vegetatif daun tanaman (Catro-Camba *et al.*, 2022).

Dosis pupuk kandang kambing 0 ton/ha, perlakuan konsentrasi giberelin 300 ppm memiliki hasil yang berbeda nyata dengan 0 dan 150 ppm. Pemberian giberelin perlu diperhatikan tingkat konsentrasinya, giberelin yang diaplikasikan terlalu banyak dapat menghambat pertumbuhan tanaman sehingga perlu adanya pasokan hara yang optimal untuk memberikan hasil pertumbuhan yang optimal (Indira dan Annadurai, 2015). Konsentrasi giberelin yang tepat dengan lingkungan yang mendukung mampu meningkatkan respon pertumbuhan tanaman. Berdasarkan penelitian Rymbai *et al.* (2023) menunjukkan bahwa perlakuan giberelin 300 ppm memiliki persentase bobot segar daun yang lebih tinggi yaitu 83,77% dibandingkan dengan perlakuan giberelin 0 dan 150 ppm yaitu 75,32 dan 71,42%.

4.10. Bobot Segar Batang

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar batang tanaman nilam (Lampiran 16). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap bobot segar batang tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan

dosisi pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar batang tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel bobot segar batang tanaman tersaji dalam Tabel 9.

Tabel 9. Bobot Segar Batang Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----g-----		
0	124,42	472,93	298,68
150	167,08	575,50	371,29
300	79,58	595,21	337,40
Rata-rata	123,69 ^b	547,88 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 9 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel bobot segar batang tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 5 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 547,88 g dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 0 ton/ha. Penelitian Zainuddin *et al.* (2023) menunjukkan bahwa perlakuan pupuk kandang kambing mampu meningkatkan hasil bobot segar batang sebesar 8,59% dari perlakuan kontrol pada tanaman famili Lamiaceae. Pupuk kandang kambing menjadi sumber bahan organik dan menyediakan unsur hara untuk tanaman nilam. Pemberian nutrisi organik seperti *farmyard manure* dan vermikompos mampu meningkatkan diameter batang dan biomassa tanaman nilam karena didukung oleh ketersediaan unsur hara dalam pembentukan jaringan vegetatif tanaman (Soibam *et al.*, 2022).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel bobot segar batang tanaman 30 MST. Hal ini diduga karena peran giberelin

dalam pemanjangan sel tanpa didukung ketersediaan unsur hara dan kemampuan tanaman melakukan fotosintesis akan sulit dalam meningkatkan diameter dan biomassa batang (Ahmad *et al.*, 2019). Peningkatan diameter batang menunjukkan adanya pertumbuhan jaringan batang yang lebih baik sehingga berpotensi meningkatkan bobot segar batang tanaman. Berdasarkan penelitian Ruke *et al.* (2023) perlakuan giberelin memiliki hasil diameter batang yang lebih tinggi dari perlakuan kontrol yaitu 7,23 dan 6,10 mm.

4.11. Bobot Segar Tajuk

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar tajuk tanaman nilam (Lampiran 18). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap bobot segar tajuk tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosis pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap bobot segar tajuk tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel bobot segar tajuk tanaman tersaji dalam Tabel 10.

Tabel 10. Bobot Segar Tajuk Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
0	209,53	734,58	472,06
150	240,51	885,78	563,15
300	86,28	974,99	530,64
Rata-rata	178,77 ^b	865,12 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 10 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel bobot segar batang tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 5 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 865,12 g dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 0 ton/ha. Berdasarkan penelitian Singh (2011) perlakuan pupuk organik 5 ton/ha dengan kombinasi 50% NPK memiliki hasil bobot tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu 260,8 g/tanaman dan 126,7 g/tanaman. Pupuk kandang kambing menyediakan unsur hara tersedia dan mudah diserap tanaman serta memperbaiki struktur tanah. Pupuk kandang kambing meningkatkan ketersediaan hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, meningkatkan aktivitas organisme tanah, serta memperbaiki kesuburan dan kualitas struktur tanah sehingga mendukung pertumbuhan tanaman lebih optimal (Tayyab *et al.*, 2018).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel jumlah bobot segar tajuk tanaman 30 MST. Penelitian Rymbai *et al.* (2023) menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi giberelin 300 ppm memiliki hasil bobot total tanaman nilam yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol yaitu 243,86 g/tanaman. Ketersediaan unsur hara dari pupuk kandang kambing berpengaruh dalam mendukung giberelin pada proses pertumbuhan tanaman. Hal ini diduga karena konsentrasi giberelin yang tinggi memicu laju metabolisme dan pertumbuhan sel yang sangat cepat namun ketersediaan hara dalam tanah tidak mencukupi untuk mendukung sintesis protein dan pembentukan jaringan baru sehingga pertumbuhan tanaman tidak optimal (Song *et al.*, 2024).

4.12. Bobot Helai Daun Rata-Rata

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap bobot helai daun rata-rata tanaman nilam (Lampiran 20). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap bobot helai daun rata-rata tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap bobot helai daun rata-rata tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel bobot helai daun rata-rata tanaman tersaji dalam Tabel 11.

Tabel 11. Bobot Helai Daun Rata-Rata Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----g-----		
0	0,21	0,24	0,22
150	0,14	0,25	0,19
300	0,16	0,27	0,21
Rata-rata	0,17 ^b	0,25 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 11 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel bobot helai daun rata-rata tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 5 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 0,25 g dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 0 ton/ha. Penelitian Shraddha *et al.* (2024) menunjukkan bahwa peningkatan ketersediaan unsur hara melalui pemberian pupuk organik mampu meningkatkan bobot segar dan bobot kering tanaman nilam sebesar 6,23 dan 4,64 %. Pupuk kandang kambing berperan sebagai

sumber bahan organik dan unsur hara yang mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman. Pada tanaman famili Lamiaceae pupuk kandang kambing dapat meningkatkan variabel jumlah daun, luas daun, dan berat segar tanaman dibanding perlakuan tanpa pupuk dikarenakan ketersediaan unsur hara dari pupuk kandang mendukung pembentukan biomassa daun yang lebih tinggi (Prihatiningrum *et al.*, 2023).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel jumlah helai daun rata-rata tanaman 30 MST. Berdasarkan penelitian Rabiei *et al.* (2018) pada tanaman famili Lamiaceae menunjukkan bahwa efek utama giberelin adalah meningkatkan panjang ruas/*internode* sedangkan perubahan variabel daun tidak selalu signifikan. Pembentukan biomassa tanaman berlangsung secara optimal apabila aktivitas hormon pertumbuhan diimbangi dengan kecukupan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Hal ini diduga karena hormon giberelin yang berperan dalam pemanjangan dan pembelahan sel tanaman tetap memerlukan energi pendukung berupa unsur hara tersedia yang diperoleh dari perlakuan pupuk kandang kambing untuk meningkatkan pembentukan biomassa dalam pertumbuhan vegetatif tanaman nilam (Ritonga *et al.*, 2023; Bai *et al.*, 2016).

4.13. Kadar N

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N tanaman nilam (Lampiran 22). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing terfermentasi berpengaruh nyata terhadap kadar N tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosis pupuk

kandang kambing terfermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar N tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel kadar N tanaman nilam tersaji dalam Tabel 12.

Tabel 12. Kadar N Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----% N-----		
0	1,72	1,08	1,40
150	1,44	1,34	1,39
300	2,10	1,29	1,70
Rata-rata	1,75 ^a	1,24 ^b	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 12 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel kadar N tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 0 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 1,75 %N dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 5 ton/ha. Peningkatan pertumbuhan vegetatif dapat memengaruhi kadar unsur hara yang terakumulasi dalam jaringan tanaman. Hal ini diduga karena efek pengenceran (*dilution effect*) pada tanaman yang mengalami pertumbuhan vegetatif yang pesat, dimana unsur hara terdistribusi ke jaringan tanaman yang lebih besar sehingga kadar N yang terukur menjadi lebih rendah (Ciampitti *et al.*, 2022). Ketersediaan unsur hara dari pupuk kandang menjadi faktor penting dalam mendukung respons tanaman terhadap aplikasi giberelin. Perlakuan giberelin yang merangsang pertumbuhan dan aktivitas fisiologis tanaman, tanpa dukungan nutrisi yang cukup menyebabkan tanaman mengalami ketidakseimbangan metabolisme sehingga tanaman mengakumulasi nitrogen pada jaringan vegetatif tanaman sebagai bentuk adaptasi dan mitigasi

stress pada konsisi keterbatasan unsur hara makro, hal ini untuk mempertahankan metabolisme dan sintesis senyawa pertahanan tanaman (Zuraida *et al.*, 2025).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel kadar N tanaman 30 MST. Peran utama giberelin adalah mengatur pertumbuhan tanaman melalui pemanjangan sel dan degradasi DELLA protein, sedangkan penyerapan nitrogen tanaman dikendalikan oleh transporter nitrat dan kondisi ketersediaan N di lingkungan tumbuh (Wang *et al.*, 2020). Ketersediaan nitrogen menjadi salah satu faktor yang menentukan keberhasilan tanaman dalam merespons stimulasi hormon pertumbuhan. Hormon pertumbuhan berinteraksi dengan metabolisme nitrogen dan sistem redoks untuk menjaga keseimbangan pertumbuhan dan sebagai respon stress, sehingga nitrogen menjadi komponen penting untuk mempertahankan aktivitas fisiologis saat tanaman mengalami percepatan pertumbuhan karena hormon (Sun *et al.*, 2021).

4.14. Kadar P

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap kadar P tanaman nilam (Lampiran 24). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing berpengaruh nyata terhadap kadar P tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap kadar P tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel kadar P tanaman tersaji dalam Tabel 13.

Tabel 13. Kadar P Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----% P-----		
0	0,25	0,52	0,38
150	0,37	0,44	0,40
300	0,24	0,32	0,28
Rata-rata	0,29 ^b	0,42 ^a	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 13 menunjukkan bahwa dosis pupuk kandang kambing berbeda nyata antar perlakuan pada variabel kadar P tanaman 30 MST. Dosis pupuk kandang 5 ton/ha memiliki nilai lebih tinggi yaitu 0,42 %P dan memberikan hasil yang berbeda nyata dengan dosis 0 ton/ha. Pupuk kandang kambing mampu meningkatkan kadar P total dan tersedia karena proses dekomposisi bahan organik yang membantu melarutkan fosfor terikat sehingga meningkatkan kadar dan serapan P pada tanaman (Suarmaprasetya dan Soemarno, 2021). Penyerapan unsur hara fosfor pada tanaman didukung oleh perbaikan sifat kimia tanah akibat pemberian pupuk kandang kambing sehingga dapat mendukung laju pertumbuhan vegetatif tanaman nilam. Bahan organik dalam pupuk kandang dapat meningkatkan C-organik dan KTK yang mampu mengurasi fiksasi fosfor oleh Al dan Fe, serta melepaskan fosfor terikat menjadi bentuk yang lebih mudah diserap oleh akar tanaman (Jindo *et al.*, 2023).

Perlakuan konsentrasi giberelin tidak berbeda nyata antar perlakuan pada variabel kadar P tanaman 30 MST. Peningkatan pertumbuhan tanaman akibat stimulasi hormonal dapat menyebabkan penurunan konsentrasi unsur hara karena

akumulasi bahan kering meningkat lebih cepat disbanding penyerapan hara tanaman (Wang dan Liu, 2021). Unsur hara P digunakan untuk sintesis energi di dalam metabolisme tanaman dalam bentuk *Adenosine Diphosphate* (ADP), *Adenosine Monophosphate* (AMP), dan *Adenosine Triphosphate* (ATP). Fosfor berperan menjadi komponene penyusun senyawa adenosine fosfat, seperti ATP, ADP, dan AMP sebagai penyimpan, penyalur energi, dan pelepasan gugus fosfat selama proses transfer energi untuk mendukung aktivitas fisiologis tanaman (Khan *et al.*, 2023).

4.15. Kadar K

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K tanaman nilam (Lampiran 26). Perlakuan dosis pupuk kandang kambing tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K tanaman nilam. Interaksi antara perlakuan konsentrasi giberelin dengan dosisi pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap kadar K tanaman nilam. Hasil pengamatan variabel kadar K tanaman tersaji dalam Tabel 14.

Tabel 14. Kadar K Tanaman Nilam pada Perlakuan Konsentrasi Giberelin dan Dosis Pupuk Kandang Kambing pada 30 MST

Konsentrasi Giberelin (ppm)	Dosis Pupuk Kandang Kambing (ton/ha)		Rata-rata
	0	5	
	-----% K-----		
0	0,22	0,25	0,24
150	0,29	0,25	0,27
300	0,32	0,22	0,27
Rata-rata	0,28	0,24	

*Superskrip berbeda pada baris rata-rata menunjukkan perbedaan yang nyata ($p < 0,05$).

Berdasarkan Tabel 14 menunjukkan hasil bahwa perlakuan konsentrasi giberelin tidak berpengaruh nyata antar perlakuannya pada kadar K tanaman 30 MST. Pemberian giberelin menyebabkan kebutuhan dan akumulasi kalium meningkat pada jaringan tanaman karena unsur hara K merupakan kation utama dalam sel tanaman yang berfungsi dalam regulasi osmotik, pembesaran sel, translokasi fotosintat, dan aktivitas enzim (Sardans dan Peñuelas, 2021). Unsur hara K tidak banyak berpengaruh ke pertumbuhan vegetatif tanaman tetapi lebih berperan dalam proses fisiologis. Kalium tidak seperti nitrogen yang berperan dalam menyusun jaringan tanaman yang meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan biomassa, tetapi lebih terlibat dalam proses fisiologis seperti, pengaturan pembukaan stomata, transport hasil fotosintesis, menjaga keseimbangan air dalam jaringan tanaman, dan aktivasi enzim (Johnson *et al.*, 2022).

Pemberian dosis pupuk kandang kambing tidak berbeda nyata antar perlakuannya pada kadar K tanaman 30 MST. Kadar K pada pupuk kandang kambing dipengaruhi oleh proses dekomposisi dan mineralisasi, kadar K jaringan tanaman yang lebih rendah pada perlakuan pupuk kandang dapat disebabkan karena unsur kalium dari pupuk kandang belum sepenuhnya tersedia bagi tanaman (Trivana *et al.*, 2017). Unsur kalium konsentrasinya relatif stabil dan dipengaruhi oleh ketersediaan K tanah awal dibandingkan perlakuan yang diberikan. Unsur hara K dalam jaringan tanaman lebih dipengaruhi oleh ketersediaan dan cadangan K dalam tanah, tanaman juga memiliki mekanisme mempertahankan keseimbangan K dalam jaringan melalui pengaturan penyerapan dan transport ion K^+ sehingga konsentrasi K tanaman relatif stabil (Mostofa *et al.*, 2022).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi giberelin mampu meningkatkan pertumbuhan apabila tanaman tidak diberikan pupuk kandang kambing, tetapi giberelin tidak perlu diberikan apabila tanaman diberikan pupuk kandang kambing karena pupuk kandang kambing sendiri sudah mampu meningkatkan pertumbuhan dan biomassa tanaman nilam. Konsentrasi giberelin 300 ppm dan dosis pupuk kandang kambing 5 ton/ha menjadi yang paling konsisten meningkatkan komponen pertumbuhan, biomassa dan kadar unsur hara makro tanaman nilam.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan adalah perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dosis pupuk kandang yang lebih tinggi dari 5 ton/ha dengan kombinasi perlakuan selain hormon giberelin. Hal ini untuk memperoleh kombinasi yang paling efisien dalam meningkatkan pertumbuhan, dan biomassa tanaman nilam dengan mempertimbangkan sisi ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, B., H. Jaleel, A. Shabbir, M. M. A. Khan, dan Y. Sadiq. 2019. Concomitant application of depolymerized chitosan and GA3 modulates photosynthesis, essential oil and menthol production in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Scientia Horticulturae*, 246: 371 – 379. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.031>
- Alam, M. M., M. A. Razzaque, M. H. Islam, A. Awal, M. R. Islam, J. Das, M. K. Bashar, dan M. H. Chowdhury. 2026. Response of mungbean to gibberellic acid (GA3) and nitrogen application with reference to yield and protein content. *Middle East Journal of Pure and Applied Sciences*, 2 (1): 1–13. <https://mideastjournals.com/index.php/mejpas/article/view/34>
- Annisa, D. N., A. Darmawati, dan S. Sumarsono. 2018. Pertumbuhan dan produksi bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.) dengan pemberian pupuk kandang dan giberelin. *J. Agro Complex*, 2 (2): 102–108. <https://doi.org/10.14710/joac.2.2.102-108>
- Astiko, W., M. T. Fauzi, S. Sudirman, dan I. Muthahanas. 2024. Penyuluhan pemanfaatan limbah organik sebagai bahan amelioran untuk meningkatkan produktivitas jagung ketan di Muncuk Karya, Ampenan. *J. Abdi Insani*, 11 (3): 406–418. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i3.1751>
- Bai, L., H. Deng, X. Zhang, X. Yu, dan Y. Li. 2016. Gibberellin is involved in inhibition of cucumber growth and nitrogen uptake at suboptimal root-zone temperatures. *PLoS ONE*, 11 (5): e0156188. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156188>
- Brigin, A. F., dan K. P. Wicksono. 2019. Pengaruh GA3 terhadap pertumbuhan dan hasil snapdragon (*Anthirrinum majus* L.). *J. Produksi Tanaman*, 7 (6): 1067–1072.
- Castro-Camba, R., C. Sánchez, N. Vidal, dan J. M. Vielba. 2022. Plant development and crop yield: the role of gibberellins. *Plants*, 11(19): 2650. <https://doi.org/10.3390/plants11192650>
- Ciampitti, I., E. van Versendaal, J. F. Rybecky, J. Lacasa, J. Fernandez, D. Makowski, dan G. Lemaire. 2022. A global dataset to parametrize critical nitrogen dilution curves for major crop species. *Sci Data*, 9: 277. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01395-2>
- Dewi, D. S., dan E. Afrida. 2022. Kajian respon penggunaan pupuk organik oleh petani guna mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. *All Fields of Science Journal Liaison Academia and Society*, 2 (4): 131–135. <https://doi.org/10.58939/afosj-las.v2i4.413>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. Produksi perkebunan rakyat menurut jenis tanaman (ribu ton) 2023. Badan Pusat Statistik.

- Elfianis, R., S. Hartina, I. Permanasari, dan J. Handoko. 2019. Pengaruh skarifikasi dan hormon giberelin (GA3) terhadap daya kecambah dan pertumbuhan bibit palem putri (*Veitchia merilli*). J. Agroteknologi, 10 (1): 41–48. <http://dx.doi.org/10.24014/ja.v10i1.7306>
- Ermaya, D., A. Patria, F. Hidayat, dan F. Razi. 2019. Pengembangan minyak nilam sebagai aromaterapi dan potensinya sebagai produk obat. Rona Teknik Pertanian, 12 (2): 58–63. <https://doi.org/10.17969/rtp.v12i2.14612>
- Ermaya, D., S. P. Sari, A. Patria, F. Hidayat, dan F. Razi. 2019. Identification of patchouli oil chemical components as the results on distillation using GC-MS. IOP Conf. Ser.: Earth and Environmental Science, 365 (1): 012039. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/365/1/012039>
- Faizin, R. 2016. Pengaruh jenis stek dan konsentrasi zat pengatur tumbuh Groetone terhadap pertumbuhan tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). J. Agrotek Lestari, 2 (1): 39–50. <https://doi.org/10.35308/jal.v2i1.494>
- Faizin, R., dan P. Susila. 2018. Respon naungan terhadap pertumbuhan dua varietas nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). J. Agrium, 15 (2): 83–90. <https://doi.org/10.29103/agrium.v15i2.1069>
- Fallah, S., F. Maggi, A. Ghanbari-Odivi, dan M. Rostaei. 2024. Optimizing lemon balm (*Melissa officinalis* L.) cultivation: effects of different manures on plant growth and essential oil production during consecutive harvests. Horticulturae, 10 (10): 1105. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101105>
- Gao, S. dan C. Chu. 2020. Gibberellin metabolism and signaling: targets for improving agronomic performance of crops. Plant and Cell Physiology, 61 (11): 1902–1911. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcaa104>
- Ginting, Z., I. Ishak, dan M. Ilyas. 2021. Analisa kandungan patchouli alcohol dalam formulasi sediaan minyak nilam Aceh Utara (*Pogostemon cablin* Benth.) sebagai zat pengikat pada parfum (Eau De Toilette). J. Teknologi Kimia Unimal, 10 (1): 12–23. <https://doi.org/10.29103/jtku.v10i1.4162>
- Guo, Z., J. Zhang, J. Fan, X. Yang, Y. Yi, X. Han, D. Wang, P. Zhu, dan X. Peng. 2019. Does animal manure application improve soil aggregation? Insights from nine long-term fertilization experiments. Science of the Total Environment, 660: 1029–1037. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.051>
- Harli, H. 2017. Identifikasi dan potensi perluasan tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) di bawah tegakan kakao di Kabupaten Polewali Mandar. Agrovital: J. Ilmu Pertanian, 1 (1): 21–26. <http://dx.doi.org/10.35329/agrovital.v1i1.80>

- Honorato, A. C., R. M. A. de Assis, J. F. A. Maciel, G. A. Nohara, A. A. de Carvalho, J. E. B. P. Pinto, dan S. K. V. Bertolucci. 2024. Fertilization with different manure sources and doses provides quantitative-qualitative gains in the production of *Thymus vulgaris* L. *South African Journal of Botany*, 164: 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.11.052>.
- Huang, J., Z. Yu, H. Gao, X. Yan, J. Chang, C. Wang, J. Hu, dan L. Zhang. 2017. Chemical structures and characteristics of animal manures and composts during composting and assessment of maturity indices. *PloS one*, 12 (6): e0178110. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178110>
- Husein, M. Q., G. Harahap, dan M. M. Lubis. 2019. Prospek pengembangan agroindustri minyak nilam. *J. Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 1 (1): 69–79. <https://doi.org/10.31289/jiperta.v1i1.69>
- Indira, E. dan B. Annadurai. 2015. Impact of farm yard manure and goat manure as organic amendment on physico-chemical and physical properties of theri soil. *International Journal of Plant and Soil Science*, 9 (1): 1–6. <https://doi.org/10.9734/IJPSS/2016/20519>
- IPNI. 2024. The royal botanic gardens, kew, Harvard university herbaria & libraries, and Australian national herbarium. *International Plant Names Index*. Published on the internet <http://www.ipni.org>
- Irayanti, I. 2019. Analisis saluran tataniaga nilam untuk mendukung ekonomi kerakyatan dalam pandangan ekonomi islam di Kabupaten Konawe. *Li Falah: Journal of Islamic Economics and Business*, 4 (1): 111–128. <https://doi.org/10.31332/lifalah.v4i1.1280>
- Jindo, K., Y. Audette, F. L. Olivares, L. P. Canellas, D. S. Smith, dan R. P. Voroney. 2023. Biotic and abiotic effects of soil organic matter on the phytoavailable phosphorus in soils: a review. *Chem. Biol. Technol. Agric*, 10 (29). <https://doi.org/10.1186/s40538-023-00401-y>
- Johnson, R., K. Vishwakarma, M. S. Hossen, V. Kumar, A. M. Shackira, J. T. Puthur, G. Abdi, M. Sarraf, dan M. Hasanuzzaman. 2022. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiol Biochem*, 1 (172): 56 – 69. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.01.001>
- Jones, R. L. dan P. B. Kaufman. 1983. The role of gibberellins in plant cell elongation. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 1 (1): 23–47. <https://doi.org/10.1080/07352688309382170>
- Kadhim, A. J. 2021. Effect of biofertilizers and animal manure on morphophysiological characteristics and amount of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil under drought stress conditions. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 735 (1): 012047. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/735/1/012047>

- Khairunnisa, K., S. Saida, dan B. Ibrahim. 2023. Pengaruh pupuk kandang kambing terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bayam merah (*Amaranthus tricolor* L.). AgrotekMAS J. Indones., 4 (2): 148–154. <https://doi.org/10.33096/agrotekmas.v4i2.330>
- Khan, F., A. B. Siddique, S. Shabala, M. Zhou, dan C. Zhao. 2023. Phosphorus plays key roles in regulating plants' physiological responses to abiotic stresses. Plants, 12 (15): 2861. <https://doi.org/10.3390/plants12152861>
- Kumar, A., N. Sharma, C.S. Chanotiya, R.K. Lal. 2024. The pharmacological potential and the agricultural significance of the aromatic crop patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.): A review. Ecological Frontiers, 44 (6): 1109–1118. <https://doi.org/10.1016/j.ecofro.2024.05.008>.
- Kusumaningrum, H. P., E. D. Purbajanti, dan A. Setiadi. 2016. Pemuliaan tanaman nilam (*Pogostemon cablin*) lokal melalui perkembangbiakan vegetatif. Bioma: Berkala Ilmiah Biologi, 18 (2): 123–130. <https://doi.org/10.14710/bioma.18.2.123-130>
- Li, W., S. Lin, R. Wang, C. Chen, L. Ni, W. Wang, dan Z. Liang. 2025. Regulation of plant hormones on the secondary metabolism of medicinal plants. Medicinal Plant Biology, 4: e020. 10.48130/mpb-0025-0016
- Maizi, H., F. Erwan, Y. Sawitri, A. J. Malahayati, Z. Ulya, M. Fadilla, dan G. Ambartiasari. 2025. Pemanfaatan lahan pertanian Desa Teuladan, Aceh Besar untuk budidaya nilam berkelanjutan. J. Surya Masyarakat, 7 (2): 329–336. <https://doi.org/10.26714/jsm.7.2.2025.329-336>
- Mariana, M. 2017. Pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan stek batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). Agrica Ekstensia, 11 (1): 1–8.
- Misra, M. 1995. Application of gibberellin to *Pogostemon cablin* plants: growth, photosynthetic pigment content and oil yield. Biologia Plantarum, 37 (4): 635. <https://doi.org/10.1007/BF02908850>
- Mostofa, M. G., M. M. Rahman, T. K. Ghosh, A. H. Kabir, M. Abdelrahman, M. A. Rahman Khan, K. Mochida, dan L. P. Tran. 2022. Potassium in plant physiological adaptation to abiotic stresses. Plant Physiol Biochem, 1 (186): 279 – 289. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.07.011>
- Muhammad, S., N. Isnaini, I. Indra, E. Sufriadi, E. Ernawati, K. Nisa, dan A. G. Vonna. 2025. Development of hand sanitizer and aromatherapy perfume from active components of patchouli oil at MSME Ata Gampong Peurada. Dinamisia: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 9 (4): 1083–1090. <https://doi.org/10.31849/q6655035>

- Nevase, S. V., N. H. Khobragade, N. A. Meshram, S. B. Thorat, S. S. Desai, S. Abhale, K. Jadhav, A. Patil, P. Sabale, C. Chaudari, dan S. Khedkar. 2024. Influence of biofertilizers and inorganic fertilizers on herbage and oil yield of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) and soil fertility in lateritic soils of Konkan. *International Journal of Research in Agronomy*, 7 (11S): 578–580.10.33545/2618060X.2024.v7.i11Sh.2077
- Penn, C. J., dan J. J. Camberato. 2019. A critical review on soil chemical processes that control how soil ph affects phosphorus availability to plants. *Agriculture*, 9 (6): 120. <https://doi.org/10.3390/agriculture9060120>
- Permatasari, D. A., Y. S. Rahayu, dan E. Ratnasari. 2016. Pengaruh pemberian hormon giberelin terhadap pertumbuhan buah secara partenokarpi pada tanaman tomat varietas Tombatu F1. *LenteraBio: Berkala Ilmiah Biologi*, 5 (1): 25–31.
- Prihatiningrum, A. E., M. Abror, dan S. Arifin. 2023. Enhancement of growth and yield of basil (*Ocimum sanctum* L.) plants using fermented goat manure fertilizer. *Academia Open*, 8 (2): 6658. <https://doi.org/10.21070/acopen.8.2023.6658>
- Rabiei, B., S. Bahador, dan M. Kordrostami. 2018. The expression of monoterpene synthase genes and their respective end products are affected by gibberellic acid in *Thymus vulgaris*. *Journal of Plant Physiology*, 230: 101–108. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.10.014>.
- Rahayu, M. S., dan A. Setiawan. 2022. Kajian teknik pemotongan umbi dan penggunaan giberelin untuk produksi bibit ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) dari tunas umbi. *J. Agrohorti*, 10 (3): 450–457. <https://doi.org/10.29244/agrob.v10i3.46445>
- Rahmawati, M., C. N. Safira, dan M. Hayati. 2021. Perbanyakan tanaman nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) dengan kombinasi IAA dan kinetin secara in vitro. *J. Agrium*, 18 (1): 1–8. <https://doi.org/10.29103/agrium.v18i1.3839>
- Rinaldi, R., Indra, I., Syaifullah, M., Sriwati, R., Douma, B., Zulfahrizal, Z., & Ar Rasyid, U. H. 2022. The effect of intercropping and different dose of goat manure application on growth of *Pogostemon cablin* Benth. *Journal of Patchouli and Essential Oil Products*, 1(1), 5-10. <https://doi.org/10.24815/jpeop.v1i1.23745>
- Ritonga, F. N., D. Zhou, Y. Zhang, R. Song, C. Li, J. Li, dan J. Gao. 2023. The roles of gibberellins in regulating leaf development. *Plants*, 12 (6): 1243. <https://doi.org/10.3390/plants12061243>
- Ruke, P. S., N. A. Meshram, A. S. Gawali, dan S. Desai. 2023. Effect of growth promoters and fertilizers on growth and yield of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) under Asana (*Bridelia retusa* (L.) A. Juss)-based agroforestry system. *International Journal of Farm Sciences*, 13 (1): 53–55. 10.5958/2250-0499.2023.00011.3

- Rukmana, R. 2003. Nilam: Prospek Agribisnis dan Teknik Budidaya. Kanisius, Yogyakarta. 56 hlm.
- Rymbai, B., B. Dutta, dan S. Maitra. 2023. Gibberellic acid mediated biomass production of patchouli (*Pogostemon patchouli*). The Pharma Innovation Journal, 12 (12): 1358–1361.
- Rymbai, B., B. Dutta, dan Y. Toko. 2023. Effect of gibberellic acid on some qualitative traits of patchouli (*Pogostemon patchouli*). International Journal for Research Trends and Innovation, 8 (8): 622–626. <https://ijrti.org/papers/IJRTI2308101.pdf>
- Sardans, J. dan J. Peñuelas. 2021. Potassium control of plant functions: ecological and agricultural implications. Plants, 10 (2): 419. <https://doi.org/10.3390/plants10020419>
- Schaduw, J., J. A. Pojoh, dan T. O. Djabar. 2012. Isolasi dan identifikasi minyak atsiri pada daun nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). J. Ilmiah Farmasi (JIF), 3 (2): 61–63.
- Sembiring, E. K. D. B. S., E. Sulistyaningsih, dan H. Shintiavira. 2021. Pengaruh berbagai konsentrasi giberelin (GA3) terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil bunga krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) di dataran medium. Jurnal Vegetalika, 10 (1): 44–55. <https://doi.org/10.22146/veg.47856>
- Shi, B., A. Felipo-Benavent, G. Cerutti, C. Galvan-Ampudia, L. Jilli, G. Brunoud, J. Mutterer, E. Vallet, L. Sakvarelidze-Achard, J. M. Davière, A. Navarro-Galiano, A. Walia, S. Lazary, J. Legrand, R. Weinstain, A. M. Jones, S. Prat, P. Achard, dan T. Vernoux. 2024. A quantitative gibberellin signaling biosensor reveals a role for gibberellins in internode specification at the shoot apical meristem. Nature Communications, 15 (1): 3895. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-48116-4>
- Silalahi, M. 2019. Botani, manfaat, dan bioaktivitas nilam (*Pogostemon cablin*). J. Pendidikan Matematika dan Sains, 4 (1): 29–40. <https://doi.org/10.33541/edumatsains.v4i1.1042>
- Singh, M. 2011. Effect of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and nutrient uptake of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.) in a semi-arid tropical climate. Journal of Spices and Aromatic Crops, 20 (1): 48–51. <https://updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/4971>
- Singh, M. 2014. Effect of potassium on growth and yield of patchouli (*Pogostemon cablin* (Blanco) Benth.). Journal of Spices and Aromatic Crops, 23 (1): 76–79. <https://updatepublishing.com/journal/index.php/josac/article/view/5096>
- Sofiani, V., R. Pratiwi, J. Raya, B. Sumedang, dan K. Jatinangor. 2017. Review: pemanfaatan minyak atsiri pada tanaman sebagai aromaterapi dalam sediaan farmasi. Farmaka, 15 (2): 119–131. <https://doi.org/10.24198/jf.v15i2.12907>

- Soibam, H., N. Y. Chanu, N. Lego, T. Nyodu, D. K. Pandey, T. Begum, M. Lal, dan T. S. Mehra. 2022. Influence of organic nutrients on growth, yield and essential oil composition of patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.) under foothill conditions of Arunachal Pradesh, India. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 25 (3): 657–665. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2022.2105663>
- Song, Jinnan; Yang, Jingli; Jeong, Byoung Ryong. Characterization of Physiology, Photosynthesis, and Nutrition Based on Induced Deficiencies of Macro- and Micronutrients in Basil (*Ocimum basilicum* L.). (2024). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010208>
- Suarmaprasetya, R. A. dan S. Soemarno. 2021. Pengaruh kompos kotoran kambing terhadap kandungan karbon dan fosfor tanah dari kebun kopi Bangelan. *JTSL (Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan)*, 8 (2): 505–514. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2021.008.2.21>
- Sugiatno, S. 2013. Pengaruh cara aplikasi dan dosis pupuk kandang pada pertumbuhan dan hasil tanaman nilam. *J. Agrotropika*, 18 (2): 1–8. <https://doi.org/10.23960/ja.v18i2.4296>
- Sulaiman, A., dan D. Harsono. 2012. Pengaruh lama penyulingan dan komposisi bahan baku terhadap rendemen dan mutu minyak atsiri dari daun dan batang nilam (*Pogostemon cablin* Benth.). *Indonesian Journal of Industrial Research*, 4 (2): 16–21.
- Sun, H., H. Cui, J. Zhang, J. Kang, Z. Wang, M. Li, F. Yi, Q. Yang, dan R. Long. 2021. Gibberellins inhibit flavonoid biosynthesis and promote nitrogen metabolism in *Medicago truncatula*. *International Journal of Molecular Sciences*, 22 (17): 9291. <https://doi.org/10.3390/ijms22179291>
- Swamy, M. K. dan U. R. Sinniah. 2016. Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth.): botany, agrotechnology and biotechnological aspects. *Industrial Crops and Products*, 87: 161–176.
- Syakir, M., dan G. Gusmaini. 2020. Pengaruh penggunaan sumber pupuk kalium terhadap produksi dan mutu minyak tanaman nilam. *J. Litri*, 18 (2): 60–65.
- Tarigan, R. B., N. Lubis, dan D. S. P. S. Sembiring. 2026. Effectiveness of goat manure and liquid organic fertilizer from coffee skin waste on growth of cat's whiskers cuttings (*Orthosiphon aristatus*). *Jurnal Info Sains: Informatika dan Sains*, 16 (2): 314–324. <https://ejournal.seaninstitute.or.id/index.php/InfoSains/article/view/8424>
- Tayyab, M., W. Islam, Y. Arafat, Z. Pang, C. Zhang, Y. Lin, M. Waqas, S. Lin, W. Lin, dan H. Zhang. 2018. Effect of sugarcane straw and goat manure on soil nutrient transformation and bacterial communities. *Sustainability*, 10 (7): 2361. <https://doi.org/10.3390/su10072361>

- Triani, N., V. P. Permatasari, dan G. Guniarti. 2020. Pengaruh konsentrasi dan frekuensi pemberian zat pengatur tumbuh giberelin terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman terung (*Solanum melongena* L.). *J. Agricultural*, 3 (2): 144–155. <https://doi.org/10.37637/ab.v3i2.575>
- Trivana, L., A. Y. Pradhana, dan A. P. Manambangtua. 2017. Optimalisasi waktu pengomposan pupuk kandang dari kotoran kambing dan debu sabut kelapa dengan bioaktivator EM4. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 9 (1): 16–24. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss1.art2>
- Usnawiyah, U., S. Safrizal, L. Latifah, M. Y. Nurdin, L. Lukman, dan K. Khaidir. 2023. Pengaruh karakter pertumbuhan tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth.) pada pemberian pupuk fosfat dan fungi mikoriza arbuskula (FMA). *J. Ilmiah Mahasiswa Agroekoteknologi*, 2 (3): 71–75. <https://doi.org/10.29103/jimatek.v2i3.15456>
- Vandenbussche, F., A. C. Fierro, G. Wiedemann, R. Reski, dan D. Van der Straeten. 2007. Evolutionary conservation of plant gibberellin signalling pathway components. *BMC Plant Biology*, 7: 65. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-7-65>
- Wang, X. dan F. Liu. 2021. Effects of elevated CO₂ and heat on wheat grain quality. *Plants*, 10 (5): 1027. <https://doi.org/10.3390/plants10051027>
- Wang, Y., Q. Yao, Y. Zhang, Y. Zhang, J. Xing, B. Yang, G. Mi, Z. Li, dan M. Zhang. 2020. The role of gibberellins in regulation of nitrogen uptake and physiological traits in maize responding to nitrogen availability. *International Journal of Molecular Sciences*, 21 (5): 1824. <https://doi.org/10.3390/ijms21051824>
- Xu, J., E. Mohamed, Q. Li, T. Lu, H. Yu dan W. Jiang. 2021. Effect of humic acid addition on buffering capacity and nutrient storage capacity of soilless substrates. *Front. Plant Sci.* 12:644229. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.644229>
- Zainuddin, I. M., M. Salsabil, M. G. Muktabar, dan D. Sumardi. 2023. Effect of PGPM and goat manure doses on biomass yield and rosmarinic acid content in cat's whiskers plant (*Orthosiphon aristatus* Bl. Miq). *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, 4 (2): 289–298. <https://doi.org/10.5614/crbb.2023.4.2/LIGQIUMZ>
- Zuraida, Z., S. Sufardi, H. Helmi, dan Y. Jufri. 2025. Diagnosis of macronutrients in patchouli leaves and response to fertilizers in inceptisols of Aceh: a case study in Aceh Besar Regency, Indonesia. *Agriculture*, 15 (6): 651. <https://doi.org/10.3390/agriculture15060651>