

Respon Morfologi Bibit Kelapa Sawit Terhadap Pemberian Pupuk

Morphological Response of Oil Palm Seedlings to Fertilizer Application

Ikhwan Fadli Pangaribuan*, Retno Diah Setiowati, Sri Wening, Dian Rahma Pratiwi,
Eko Novandi Ginting, Cut Mardiana, dan Ernayunita

Abstrak Kelapa sawit memerlukan pasokan nutrisi yang seimbang dan cukup untuk mencapai hasil yang optimal. Unsur-unsur seperti nitrogen (N) dan kalium (K) adalah makronutrien yang paling penting dibutuhkan oleh tanaman. Biaya aplikasi pupuk relatif tinggi, yang menimbulkan peluang dan tantangan dalam merakit bahan tanaman yang efisien dalam pemanfaatan nutrisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengamati respons berbagai populasi tanaman kelapa sawit terhadap perlakuan aplikasi pupuk. Penelitian ini disusun menggunakan rancangan *split-split plot* dengan tiga faktor: jenis pupuk [nitrogen (N1) dan kalium (N2)], dosis pupuk [0% (P0), 100% (P1), 75% (P2), dan 50% (P3) dari dosis yang dianjurkan], dan bahan tanaman [populasi 1-6 (V1-V6)], diulang sebanyak enam kali. Perlakuan dengan rata-rata tinggi tanaman tertinggi diamati pada P2, dimana pupuk diaplikasikan sebesar 75% dari dosis yang dianjurkan. Sebaliknya, kombinasi jenis pupuk dan dosis terbaik diperoleh dari N1, yang mengacu pada tanaman yang diperlakukan dengan 75% pupuk nitrogen yang dianjurkan. Berdasarkan populasi yang digunakan, populasi V1 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman terendah, berbeda signifikan dari populasi lainnya. Ketika mengamati populasi, rata-rata jumlah daun populasi V2 dan V6 berbeda signifikan dari yang lain dan memiliki rata-rata tertinggi. Namun, ketika mengamati interaksi dengan jenis pupuk, interaksi N2V6 yang melibatkan populasi enam yang diperlakukan dengan pupuk kalium menunjukkan rata-rata jumlah daun tertinggi dan berbeda signifikan dari interaksi lainnya. Mengenai diameter batang, populasi

V3, V2, V4, dan V6 memiliki rata-rata diameter batang terbesar dan berbeda signifikan dari V5 dan V1. Kombinasi perlakuan N2P2V6 (populasi enam yang diperlakukan dengan 75% pupuk kalium) dan N1P3V2 (populasi dua yang diperlakukan dengan 50% pupuk nitrogen) memiliki rata-rata diameter batang terbesar, masing-masing 8,14 cm dan 8,07 cm, dan berbeda signifikan dari 46 interaksi lainnya. Di sisi lain, rata-rata diameter batang terkecil ditemukan pada tanaman dengan interaksi N2P3V1, yang berukuran 5,33 cm, dan berbeda signifikan dari 47 interaksi lainnya.

Kata Kunci: kelapa sawit, bibit, nutrisi, tinggi, daun, batang.

Abstract Oil palm requires a balanced and sufficient supply of nutrients to achieve optimal results. Elements such as nitrogen (N) and potassium (K) are the most essential macronutrients needed by the plant. The cost of fertilizer application is relatively high, which presents opportunities and challenges in assembling plant materials that are efficient in nutrient utilization. This research aims to investigate the responses of various populations of oil palm plants to fertilizer application treatments. The study was organized using a split-split plot design with three factors: fertilizer type [nitrogen (N1) and potassium (N2)], fertilizer dosage [0% (P0), 100% (P1), 75% (P2), and 50% (P3) of the recommended dosage], and plant material [populations 1-6 (V1-V6)], repeated six times. The treatment with the highest average plant height was observed in P2, where the fertilizer was applied at 75% of the recommended dosage. In contrast, the best fertilizer type and dosage combination was obtained from N1:P2, referring to plants treated with 75% of the recommended nitrogen fertilizer. Regarding the populations used, population V1 exhibited the lowest average plant height, significantly differing from other populations. When considering populations, the

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Ikhwan Fadli Pangaribuan* (✉)
Pusat Penelitian Kelapa Sawit
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan 20158 Indonesia
Email: ikhwanfadlip@gmail.com



average leaf count of populations V2 and V6 significantly differed from others and had the highest averages. However, when considering the interaction with fertilizer type, the N2V6 interaction involving population six treated with potassium fertilizer showed the highest average leaf count and significantly differed from other interactions. Regarding stem diameter, populations V3, V2, V4, and V6 had the largest average stem diameters and significantly differed from V5 and V1. The treatment combinations N2P2V6 (crossing six treated with 75% potassium fertilizer) and N1P3V2 (population two treated with 50% nitrogen fertilizer) had the largest average stem diameters, measuring 8.14 cm and 8.07 cm, respectively. Both significantly differed from the other 46 interactions. On the other hand, the smallest average stem diameter was found in plants with the N2P3V1 interaction, measuring 5.33 cm, and significantly differed from the other 47 interactions.

Keywords: oil palm, seedlings, nutrients, height, leaves, stem.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah komoditas pertanian yang besar di Indonesia dengan prospek ekspansi yang menjanjikan. Permintaan yang meningkat untuk produk olahan minyak sawit di industri hilir telah menyebabkan pertumbuhan yang berkelanjutan di sektor minyak sawit (Rahma *et al.*, 2019). Di satu sisi, kelapa sawit mengalami permintaan yang tinggi karena potensi ekonominya yang terus berkembang, namun di sisi lain menghadapi berbagai tantangan, terutama masalah lingkungan. Salah satu konsekuensi negatif dari budidaya kelapa sawit adalah degradasi kualitas tanah dan air di dalam perkebunan kelapa sawit, terutama disebabkan oleh akumulasi residu pupuk. Pasokan nutrisi yang seimbang dan memadai sangat penting bagi kelapa sawit untuk mencapai hasil puncak.

Unsur makro penting yang dibutuhkan oleh tanaman meliputi nitrogen (N) dan kalium (K). Nitrogen penting untuk komposisi protein dan pembentukan struktur organ tanaman. Kalium mempertahankan tekanan osmotik dan meningkatkan ketahanan terhadap stres (Nieves-Cordones *et al.*, 2014; Shrestha *et al.*, 2020; Wang & Wu, 2013). Faktor tambahan seperti cahaya dan panas juga penting dalam memfasilitasi pemanfaatan nutrisi oleh

tanaman. Penerapan praktik pertanian yang tepat dan manajemen hama serta penyakit yang efektif juga penting untuk mengoptimalkan hasil panen. Berbagai varietas tanaman menunjukkan karakteristik yang berbeda dalam hal kebutuhan nutrisi optimal dan tingkat ambang minimum. Ketika tingkat nutrisi turun di bawah ambang tersebut, tanaman akan menunjukkan gejala kekurangan nutrisi. Sebaliknya, penyerapan nutrisi yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan dan menghasilkan hasil yang suboptimal karena toksisitas (Silva, 2000).

Dalam keadaan alami, tanah memiliki keterbatasan dalam menyediakan nutrisi penting yang dibutuhkan pohon kelapa sawit sepanjang siklus hidupnya. Oleh karena itu, aplikasi pupuk menjadi sangat penting. Namun, perlu dicatat bahwa biaya aplikasi pupuk cukup besar, mencapai sekitar 40-70% dari total biaya pemeliharaan (Ginting *et al.*, 2021). Penggunaan pupuk konvensional di perkebunan kelapa sawit dianggap tidak efisien, dengan sebanyak 30-70% pupuk hilang dan hanya sekitar 40% pupuk kalium dan 50% pupuk nitrogen yang diserap oleh tanaman (Baligar *et al.*, 2001; Govindasamy *et al.*, 2023). Sebagian besar pupuk yang hilang disebabkan oleh volatilisasi, limpasan, atau pencucian (Ginting *et al.*, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Ollivier *et al.* (2016) telah menunjukkan variasi tingkat penyerapan nutrisi di antara berbagai latar belakang genetik bahan kelapa sawit. Ini menghadirkan peluang dan tantangan dalam memilih bahan tanaman dengan sifat pemanfaatan nutrisi yang efisien. Penelitian ini menyelidiki respons morfologis berbagai populasi kelapa sawit terhadap perlakuan aplikasi pupuk yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di pembibitan PPKS Marihat di Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara, untuk mempelajari pengaruh pupuk nitrogen dan kalium pada enam populasi kelapa sawit yang berbeda. Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan *split-split plot*, dimana plot utama: jenis pupuk [nitrogen (N1) dan kalium (N2)], sub-plot: dosis pupuk [0% (P0), 100% (P1), 75% (P2), dan 50% (P3)] dari dosis yang dianjurkan (tabel 1)], dan sub-sub plot: bahan tanaman [populasi 1-6 (V1-V6)]. V1, V5 dan V6 merupakan populasi keturunan Dura Deli x Yangambi. V2, V3 dan V4 merupakan populasi Dura

Deli x Avros. Setiap perlakuan diulang sebanyak enam kali, dan dalam setiap plot terdapat 30 bibit, sehingga total unit percobaan adalah 8.640 unit.

Pembibitan kelapa sawit dilakukan dalam dua tahap, yaitu tahap *pre-nursery* (PN) dan tahap *main nursery* (MN). Pada tahap PN, tanah lapisan atas digunakan sebagai media tanam untuk memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal, sehingga cocok untuk penelitian. Aplikasi pupuk selama tahap PN mengikuti standar yang dianjurkan oleh PPKS. Pada tahap MN, pasir digunakan sebagai media tanam, dan satu perlakuan pupuk diterapkan. Perlakuan ini meliputi urea sebagai sumber nitrogen (N), MoP sebagai sumber kalium (K), TSP sebagai

sumber fosfor (P), dan Kieserit sebagai sumber magnesium (Mg). Dosis spesifik pupuk urea dan MoP disesuaikan dengan perlakuan yang ditentukan. Sebaliknya, jenis pupuk lain diterapkan dengan dosis yang seragam untuk setiap perlakuan, mengikuti rekomendasi standar aplikasi pupuk untuk bibit yang dikeluarkan oleh PPKS. Aplikasi pupuk dilakukan dengan ditebar secara merata pada polybag, mengikuti jadwal aplikasi pupuk yang telah ditentukan dengan interval 30 menit setelah penyiraman. Karakteristik morfologis yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Pengamatan dilakukan saat bibit berumur 32 Minggu Setelah Tanam (MST).

Tabel 1. Rekomendasi Dosis Pupuk PPKS
Table 1. IOPRI Recommendation of Fertilizer Dosage

Umur (minggu)	NPK 15-15- 6-4 (g)	NPK 12-12- 17-2 (g)	Kieserit (g)	Konversi	N (g)	P (g)	K (g)	Mg (g)
14-15	2,50				0,38	0,38	0,15	0,10
16-17	5,00				0,75	0,75	0,30	0,20
18-20	7,50				1,13	1,13	0,45	0,30
22-24	10,00				1,50	1,50	0,60	0,40
26		10,00			1,20	1,20	1,70	0,20
28		10,00	5,00		1,20	1,20	1,70	1,50
30		10,00			1,20	1,20	1,70	0,20
32		10,00	5,00		1,20	1,20	1,70	1,50

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berbagai jenis dan dosis pupuk menimbulkan respons yang berbeda pada tanaman sampel. Perlakuan yang diberi label P2, yang melibatkan aplikasi pupuk pada dosis 75% dari jumlah yang dianjurkan (P2), menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi. Namun, kombinasi jenis pupuk dan dosis yang paling menguntungkan ditemukan pada perlakuan N1, di mana tanaman diberi pupuk nitrogen pada dosis 75%.

Mengenai pilihan populasi, populasi V1 menunjukkan nilai tinggi tanaman terendah, dan nilai ini berbeda signifikan dari populasi lainnya. Mengenai

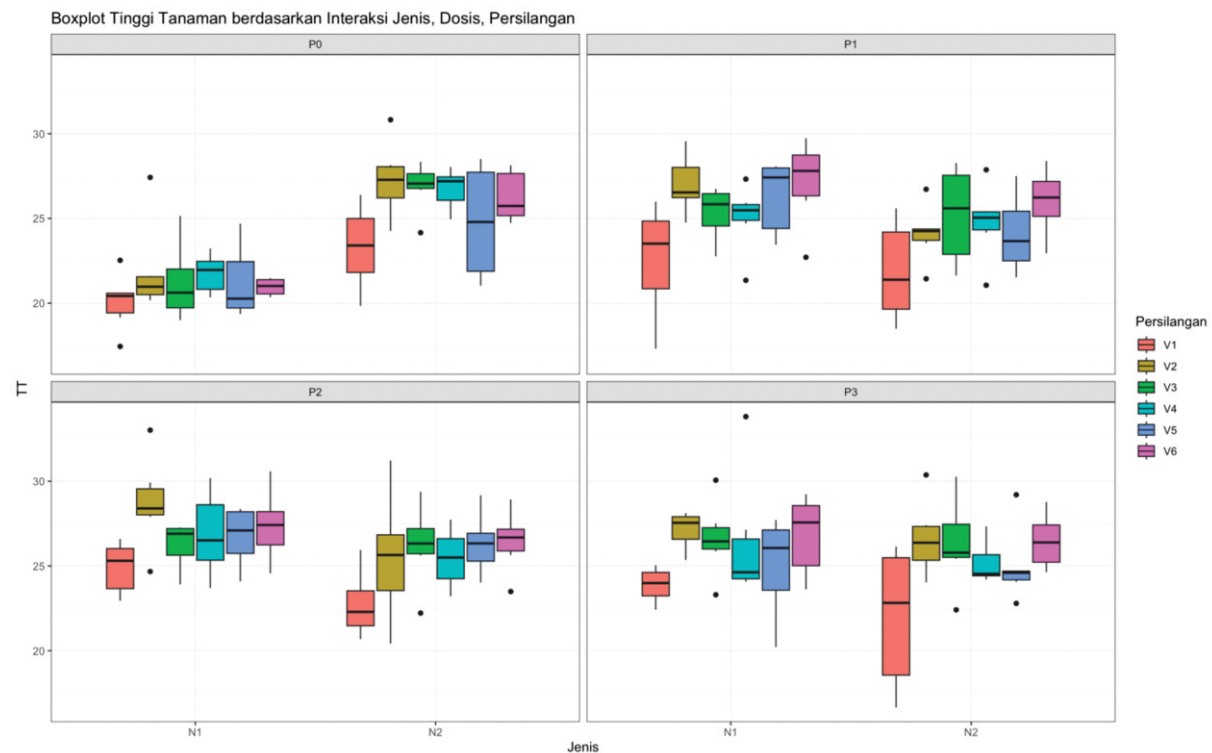
rata-rata jumlah daun, populasi V2 dan V6 menonjol, menunjukkan perbedaan signifikan dari populasi lainnya dan memiliki rata-rata tertinggi. Namun, ketika mempertimbangkan interaksi dengan jenis pupuk, interaksi N2V6, yang melibatkan populasi enam yang diperlakukan dengan pupuk kalium, menunjukkan jumlah daun rata-rata tertinggi dan berbeda signifikan dari interaksi lainnya. Mengenai diameter batang, populasi V3, V2, V4, dan V6 memiliki rata-rata diameter batang terbesar, berbeda signifikan dari V5 dan V1. Kombinasi perlakuan N2P2V6 (populasi enam yang diperlakukan dengan 75% pupuk kalium) dan N1P3V2 (populasi dua yang diperlakukan dengan 50% pupuk nitrogen) menunjukkan rata-rata diameter



batang terbesar, masing-masing sebesar 8,14 cm dan 8,07 cm. Kedua perlakuan ini berbeda signifikan dari 46 kombinasi lainnya. Di sisi lain, diameter batang

rata-rata terkecil tercatat pada tanaman dengan interaksi N2P3V1, yang berukuran 5,33 cm, dan berbeda signifikan dari 47 interaksi lainnya.

Tinggi Tanaman



Gambar 1. Boxplot tinggi tanaman terhadap interaksi pada jenis dan dosis pupuk serta populasi kelapa sawit.
Figure 1. Boxplot of plant height to the interaction between fertilizer type, dose, and oil palm population

Gambar 1 menggambarkan respons terhadap perlakuan pupuk N (nitrogen) dan K (kalium). Dalam perlakuan pupuk N, semua populasi awalnya memiliki median tinggi tanaman di bawah 22,5 cm ketika diberi perlakuan N1P0. Namun, median tinggi tanaman mereka meningkat menjadi di atas 22,5 cm setelah menerima dosis yang berbeda (N1P1, N1P2, N1P3). Namun, dalam perlakuan pupuk K, hampir semua populasi menunjukkan median tinggi tanaman di atas 22,5 cm, kecuali populasi V1, yang tetap berada di bawah ambang ini dalam perlakuan N2P2 dan N2P1. Median tinggi tanaman tertinggi diamati pada populasi V2 dalam perlakuan N1P2 dan populasi V6 dalam perlakuan N1P1, melebihi 27,5 cm.

Nilai p yang diperoleh dari hasil ANOVA untuk

dosis pupuk, interaksi antara jenis dan dosis pupuk, serta populasi semuanya lebih kecil dari tingkat signifikansi (α) 0,5% dan 0,1%. Ini menunjukkan perbedaan yang signifikan secara statistik dalam tinggi tanaman yang dipengaruhi oleh dosis pupuk, interaksinya dengan jenis pupuk, dan populasi. Untuk mengidentifikasi dosis, jenis, interaksi dosis, dan populasi mana yang berbeda secara signifikan satu sama lain, dilakukan uji post hoc Tukey HSD (Tabel 2).

Di antara berbagai dosis pupuk, tanaman yang diberi perlakuan P2 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi, dan tinggi ini berbeda secara signifikan dari rata-rata tinggi tanaman pada tingkat dosis lainnya. Mempertimbangkan interaksi dengan jenis pupuk, tanaman yang mengalami interaksi N1

memiliki rata-rata tinggi tanaman tertinggi dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya. Namun, ketika data diperiksa berdasarkan populasi, hanya populasi V1 yang memiliki rata-rata tinggi tanaman yang berbeda secara signifikan

dibandingkan dengan populasi lainnya dan memiliki tinggi rata-rata yang lebih rendah. Populasi yang tersisa dikelompokkan bersama, menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman mereka tidak berbeda secara signifikan satu sama lain.

Tabel 2. Uji lanjut pada efek dari dosis pupuk dan interaksi jenis pupuk dengan dosis pupuk dan populasi terhadap tinggi tanaman.

Table 2. Further test of the effect of fertilizer dose and interaction of type with fertilizer dose and population on plant height

Populasi	Tinggi Tanaman (cm)	
V2	26.04	a
V6	25.94	a
V3	25.49	a
V4	25.28	a
V5	24.94	a
V1	22.67	b

Populasi	Tinggi Tanaman (cm)	
P2	26.13	a
P3	25.62	ab
P1	24.96	b
P0	23.54	c

Jenis:Dosis	Tinggi Tanaman (cm)	
N1:P2	26.81	a
N1:P3	25.99	ab
N2:P0	25.88	ab
N1:P1	25.57	ab
N2:P2	25.44	ab
N2:P3	25.25	ab
N2:P1	24.34	b
N1:P0	21.20	c

Ket.: -Perlakuan dengan grup berbeda memiliki perbedaan tinggi tanaman yang signifikan.

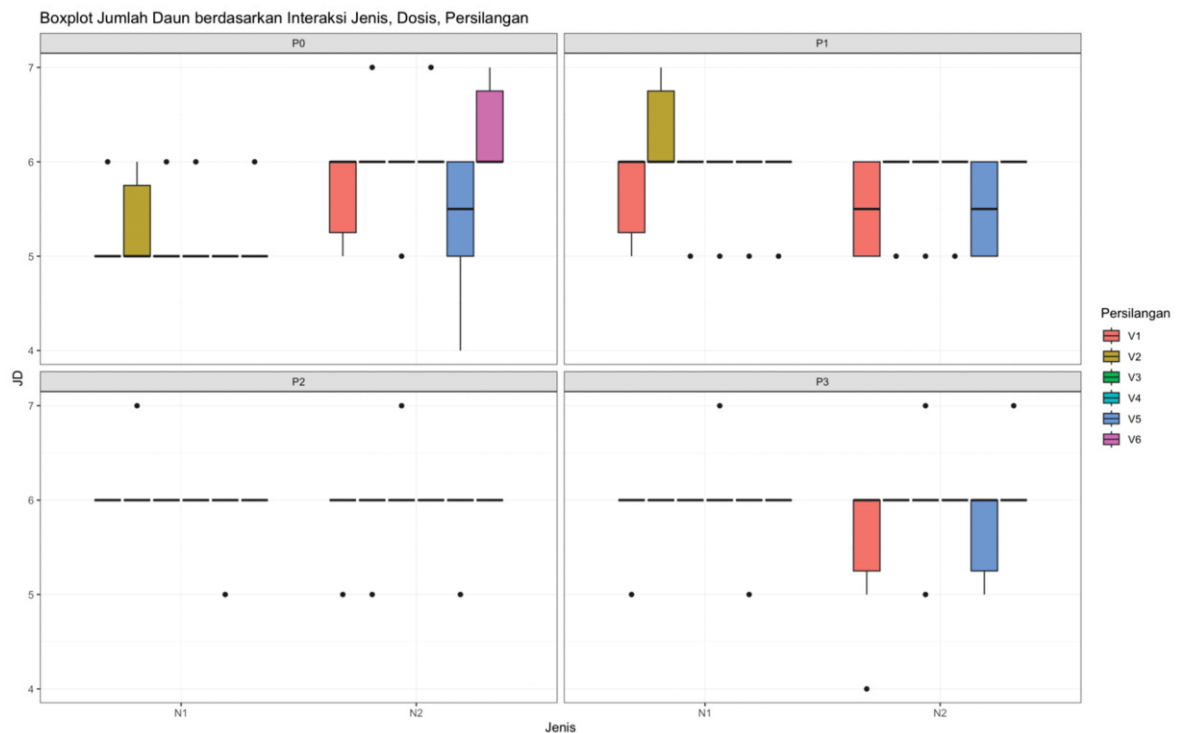
Legend: -Treatments with different groups have significantly different mean plant height



Di antara berbagai dosis pupuk, tanaman yang diberi perlakuan P2 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi, dan tinggi ini berbeda secara signifikan dari rata-rata tinggi tanaman pada tingkat dosis lainnya. Mempertimbangkan interaksi dengan jenis pupuk, tanaman yang mengalami interaksi N1 memiliki rata-rata tinggi tanaman tertinggi dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya.

Namun, ketika data diperiksa berdasarkan populasi, hanya populasi V1 yang memiliki rata-rata tinggi tanaman yang berbeda secara signifikan dibandingkan dengan populasi lainnya dan memiliki tinggi rata-rata yang lebih rendah. Populasi yang tersisa dikelompokkan bersama, menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman mereka tidak berbeda secara signifikan satu sama lain.

Jumlah Daun



Gambar 2. Boxplot perlakuan terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit.

Figure 2. Boxplot of treatments on the number of leaves

Gambar 2 menunjukkan boxplot yang berbeda dari bentuk boxplot umum, beberapa bahkan hanya memiliki garis dan titik. Hal ini karena distribusi data pada jumlah daun memiliki rentang yang cukup terbatas (4-7) dan data berfokus pada satu atau dua nilai kuartil, seperti hanya median, atau nilai Q1 sama dengan median, atau nilai Q3 sama dengan median. Gambar 3 menggambarkan bahwa ketika diberi perlakuan N1P0, semua populasi memiliki median jumlah daun sama dengan lima. Pada perlakuan selain N1P0, sebagian besar populasi menunjukkan median jumlah daun sama dengan enam, kecuali populasi V1

dalam perlakuan N2P1, N2P0, dan N2P1. Dosis P2 dari pupuk N (N1) dan K (N2) menunjukkan median dan distribusi data yang sama di semua populasi, menghasilkan nilai Q1, Q2, dan Q3 yang sama dengan enam. Hasil ANOVA menunjukkan perbedaan signifikan dalam rata-rata jumlah daun. Perbedaan ini dipengaruhi oleh dosis pupuk, interaksi jenis dan dosis pupuk, populasi, dan interaksi populasi dengan jenis pupuk, semuanya pada tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$. Uji Tukey HSD kemudian dilakukan untuk mengeksplorasi lebih lanjut perlakuan yang menunjukkan perbedaan ini (tabel 3).

Tabel 3. Uji lanjut pada efek dari dosis pupuk dan interaksi jenis pupuk dengan dosis pupuk dan populasi terhadap jumlah daun.

Table 3. Further test of the effect of fertilizer dose and interaction of type with fertilizer dose and population on number of leaves

Populasi		Jumlah Daun	
V2	5.96	a	
V6	5.94	a	
V4	5.90	ab	
V3	5.85	ab	
V1	5.65	ab	
V5	5.60	b	
Dosis		Jumlah Daun	
P2	5.97	a	
P3	5.93	a	
P1	5.82	a	
P0	5.54	b	
Jenis:Dosis		Jumlah Daun	
N1:P2	6.00	a	
N1:P3	5.97	a	
N2:P2	5.94	a	
N2:P0	5.92	a	
N1:P1	5.89	a	
N2:P3	5.89	a	
N2:P1	5.75	a	
N1:P0	5.17	b	
Populasi:Jenis		Jumlah Daun	
V6:N2	6.13	a	
V4:N2	6.00	ab	
V2:N1	5.96	abc	
V2:N2	5.96	abc	

(continued)



Populasi:Jenis	Jumlah Daun	
V3:N2	5.96	abc
V4:N1	5.79	abcd
V3:N1	5.75	bcd
V6:N1	5.75	bcd
V1:N1	5.67	bcd
V1:N2	5.63	cd
V5:N1	5.63	cd
V5:N2	5.58	d

Ket.: -Perlakuan dengan grup berbeda memiliki perbedaan jumlah daun yang signifikan.

Legend: -Treatments with different groups have significantly different mean number of leaves

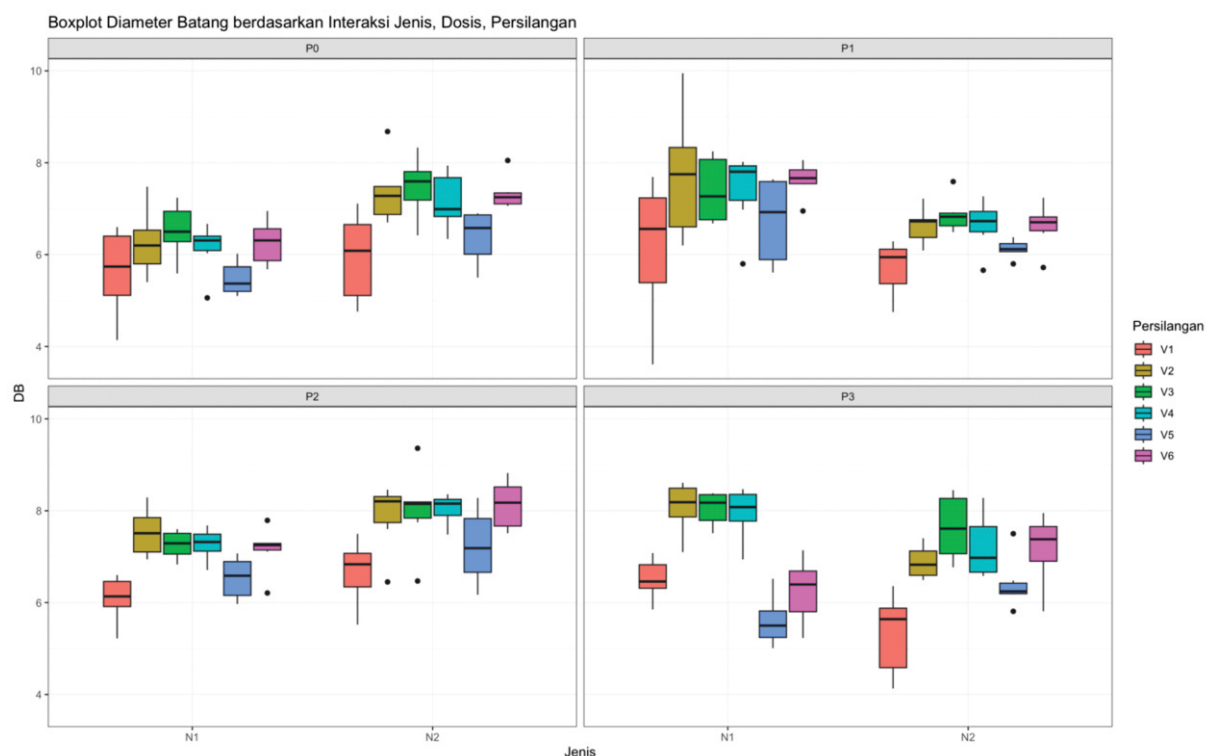
Tanaman yang diberi perlakuan dosis P0 menunjukkan rata-rata jumlah daun terendah, dan jumlah ini berbeda secara signifikan dari rata-rata jumlah daun pada perlakuan lainnya. Mengenai interaksi dengan jenis pupuk, tanaman yang mengalami interaksi N1 memiliki rata-rata jumlah daun terendah dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya. Ketika mempertimbangkan data berdasarkan populasi, rata-rata jumlah daun pada populasi V2 dan V6 berbeda secara signifikan dari populasi lainnya, dan kedua populasi ini memiliki rata-rata jumlah daun tertinggi. Namun, ketika memeriksa interaksi dengan jenis pupuk, interaksi N2V6 menunjukkan rata-rata jumlah daun tertinggi dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya.

Diameter Batang

Gambar 3 menunjukkan bahwa ketika diberi perlakuan dengan N1P0 dan N2P1, semua populasi menunjukkan median diameter batang di bawah 7 cm. Diameter batang median terbesar diamati pada populasi V2, V3, V4, dan V6 dalam perlakuan N2P2, serta pada populasi V2, V3, dan V4 dalam perlakuan N1P3, yang semuanya melebihi 8 cm. Mengenai dampak dosis P2, tanaman yang diberi perlakuan dosis ini memiliki rata-rata diameter batang terbesar, yaitu 7,32 cm, dan diameter ini berbeda secara signifikan dari rata-rata diameter batang pada tingkat dosis lainnya (lihat Gambar 6). Selain itu, ketika

mempertimbangkan interaksi dengan jenis pupuk, interaksi N2P2 menunjukkan rata-rata diameter batang terbesar dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya (tabel 4).

Tanaman yang diberi perlakuan dosis P2 menunjukkan rata-rata diameter batang terbesar, yaitu 7,32 cm, dan diameter ini berbeda secara signifikan dari rata-rata diameter batang pada tingkat dosis lainnya. Ketika memeriksa data berdasarkan interaksi dengan jenis pupuk, interaksi N2P2 menunjukkan rata-rata diameter batang terbesar dan berbeda secara signifikan dari kombinasi interaksi lainnya. Mempertimbangkan data berdasarkan populasi, populasi V3, V2, V4, dan V6 memiliki rata-rata diameter batang terbesar, berbeda secara signifikan dari populasi V5 dan V1. Keempat populasi ini berada dalam kelompok yang sama, menunjukkan bahwa mereka tidak berbeda secara signifikan satu sama lain. Namun, ketika melihat interaksi yang melibatkan hanya jenis pupuk atau dosis pupuk, interaksi N2V3 dan P3V3 menunjukkan rata-rata diameter batang terbesar dan berbeda secara signifikan dari interaksi lainnya. Adapun interaksi yang melibatkan ketiga faktor, interaksi N2P2V6 dan N1P3V2 menunjukkan rata-rata diameter batang terbesar, masing-masing sebesar 8,14 cm dan 8,07 cm. Kedua interaksi ini berbeda secara signifikan dari 46 interaksi lainnya. Sebaliknya, rata-rata diameter batang terkecil tercatat pada tanaman dengan interaksi N2P3V1, yaitu 5,33 cm, dan berbeda secara signifikan dari 47 interaksi lainnya.



Gambar 3. Boxplot perlakuan terhadap diameter batang bibit kelapa sawit.
Figure 3. Boxplot of treatments on stem diameter

Tabel 4. Uji lanjut pada efek interaksi jenis pupuk dengan dosis pupuk terhadap diameter batang.
Table 4. Further test of the effect of dose, interaction of type with fertilizer dose and population on stem diameter

Populasi	Diameter Batang (mm)	
V3	7.40	a
V2	7.29	a
V4	7.22	a
V6	7.07	a
V5	6.31	b
V1	6.00	b

Dosis	Diameter Batang (mm)	
P2	7.32	a
P3	6.92	ab
P1	6.80	ab
P0	6.50	b

(continued)



Jenis:Dosis		Diameter Batang (mm)	
N2:P2		7.66	a
N1:P1		7.17	ab
N1:P3		7.07	abc
N1:P2		6.97	abc
N2:P0		6.95	abc
N2:P3		6.77	abc
N2:P1		6.43	bc
N1:P0		6.05	c
Populasi:Jenis		Diameter Batang (mm)	
N2:V3		7.50	a
N1:V2		7.40	ab
N2:V6		7.31	ab
N1:V3		7.31	ab
N2:V4		7.26	ab
N2:V2		7.19	ab
N1:V4		7.19	ab
N1:V6		6.83	bc
N2:V5		6.54	cd
N1:V1		6.09	de
N1:V5		6.09	de
N2:V1		5.91	e
Populasi:Dosis		Diameter Batang (mm)	
P3:V3		7.84	a
P2:V2		7.70	ab
P2:V4		7.66	ab
P2:V6		7.64	ab
P2:V3		7.64	ab
P3:V4		7.58	abc

(continued)

Populasi:Dosis	Diameter Batang (mm)	
P3:V2	7.48	abcd
P1:V2	7.18	abcde
P1:V3	7.14	abcde
P1:V6	7.12	abcde
P1:V4	7.02	abcde
P0:V3	7.00	abcde
P2:V5	6.88	bcdef
P0:V2	6.82	bcdefg
P0:V6	6.81	bcdefg
P3:V6	6.71	cdefg
P0:V4	6.65	defgh
P1:V5	6.43	efgh
P2:V1	6.38	efgh
P3:V5	6.01	fgh
P0:V5	5.93	gh
P1:V1	5.93	gh
P3:V1	5.92	gh
P0:V1	5.79	h

Ket.: -Perlakuan dengan grup berbeda memiliki perbedaan diameter batang yang signifikan.

Legend: -Treatments with different groups have significantly different mean stem diameter

Diskusi

Dalam kondisi kekurangan nutrisi, tanaman dapat mengalami penurunan produksi yang substansial, dimana produktivitas hanya mencapai sekitar 30% dari potensinya (Zhang *et al.*, 2020). Hal ini terjadi karena tanaman mengalokasikan ulang sumber daya yang dimiliki dari proses yang terkait dengan pertumbuhan untuk memastikan kelangsungan hidup. Respons stres dapat bervariasi tergantung pada jenis stres dan spesies tanaman tertentu. Misalnya, pada tanaman yang mengalami stres kekeringan, energi yang awalnya dialokasikan untuk pembelahan sel, pemanjangan batang, dan pembentukan biomassa dialihkan ke pengembangan akar, yang menyebabkan pertumbuhan lebih lambat. Sebaliknya, dalam kasus stres banjir, pemanjangan batang mungkin terjadi

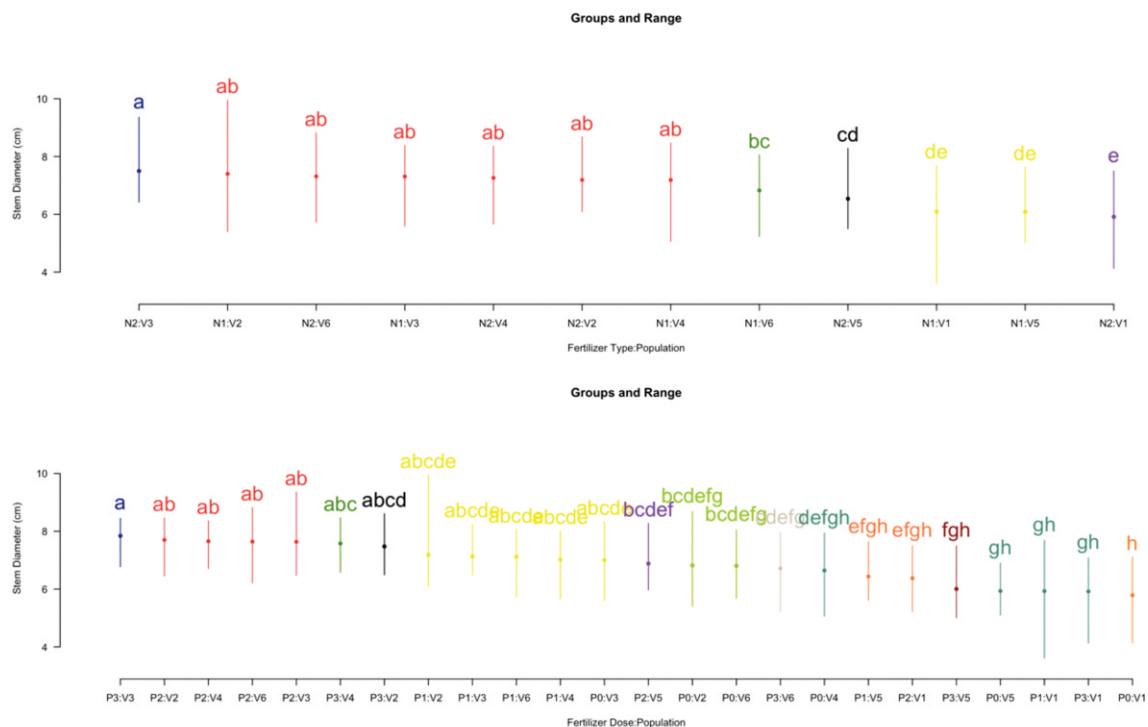
sebagai modifikasi untuk membantu penyerapan oksigen melalui pembentukan struktur seperti pneumatofor (Zhao *et al.*, 2018; Nuanlaong *et al.*, 2021). Menurut Rani *et al.* (2021), kalium lebih memiliki efek pada pengaturan potensial osmotik saat terjadi cekaman. Kalium juga memiliki peran pada proses biosintesis protein, pertumbuhan sel, perbanyakan sel (stimulasi giberelin) dan pembentukan kloroplas.

Dalam konteks tanaman kelapa sawit yang menghadapi stres genangan air, penerapan pupuk kalium (K) lebih efisien jika diterapkan melalui daun, karena membantu membentuk mekanisme pertahanan (Situmorang *et al.*, 2017). Namun, meskipun pupuk K diterapkan pada dosis yang berbeda, jika durasi pemupukan K terlalu singkat, perbedaan hasil yang signifikan mungkin tidak terlihat



(Najihah *et al.*, 2020). Durasi paparan stres memainkan peran penting dalam menentukan efektivitas pemupukan (Mirande-Ney *et al.*, 2020). Dalam studi ini, jelas bahwa tanaman yang diberi perlakuan 0% pupuk nitrogen (N) atau kalium (K)

menunjukkan perubahan morfologi, seperti pertumbuhan tajuk dan akar yang terhambat (*stunting*) serta warna daun yang lebih pucat. Perubahan ini menunjukkan dampak negatif dari kekurangan nutrisi terhadap perkembangan tanaman.



Gambar 7. Uji lanjut pada efek dari interaksi dosis pupuk dengan populasi terhadap diameter batang.

Figure 7. Further tests the interaction effect of fertilizer type with population and fertilizer dose with population

Ket.: -Perlakuan dengan grup dan warna yang berbeda pada gambar memiliki perbedaan diameter batang yang signifikan.

-Titik pada garis perlakuan adalah nilai rata-rata.

Legend: -Treatments with different groups and colors in the chart have significantly different mean stem diameter

-The point on the line treatments is the mean

Secara umum, tanaman yang diberi perlakuan pupuk nitrogen (N) menunjukkan tren peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang seiring dengan meningkatnya dosis pupuk. Namun, dalam kasus perlakuan pupuk kalium (K), peningkatan dosis pupuk K tidak secara konsisten meningkatkan parameter morfologi tersebut. Temuan ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Mohidin *et al.* (2015), dimana bibit kelapa sawit yang ditanam di tanah gambut dan diberi perlakuan pupuk NPK menunjukkan peningkatan tinggi,

jumlah daun, dan diameter batang ketika dosis pupuk N ditingkatkan. Demikian pula, Ginting *et al.* (2018) juga mengamati pola yang sama dalam penelitian mereka, di mana perlakuan aplikasi pupuk menyebabkan peningkatan karakteristik vegetatif tanaman, terutama dengan aplikasi pupuk N.

Defisiensi kalium pada tanaman dapat mengganggu penyerapan nutrisi penting lainnya, seperti nitrogen (N) dan fosfor (P) (Fauzi dan Putra,

Tabel 5. Uji lanjut pada efek interaksi jenis pupuk dengan dosis pupuk dan populasi terhadap diameter batang.
 Table 5. Further tests the interaction effect of fertilizer type, fertilizer dose, and population on stem diameter.

Jenis Pupuk:Dosis Pupuk:Persilangan	Diameter Batang	Jenis Pupuk:Dosis Pupuk:Persilangan	Diameter Batang
N2:P2:V6	8.135 a	N2:P1:V3	6.870 abcdefghijk
N1:P3:V2	8.072 a	N1:P1:V5	6.743 abcdefghijk
N1:P3:V3	8.052 ab	N2:P2:V1	6.670 bcdefghijkl
N2:P2:V4	8.040 ab	N2:P1:V4	6.637 cdefghijkl
N2:P2:V3	8.012 abc	N2:P1:V2	6.632 cdefghijkl
N1:P3:V4	7.948 abc	N2:P1:V6	6.615 cdefghijkl
N2:P2:V2	7.875 abcd	N1:P2:V5	6.537 defghijkl
N1:P1:V2	7.733 abcde	N1:P0:V3	6.522 defghijkl
N2:P3:V3	7.635 abcdef	N1:P3:V1	6.510 defghijkl
N1:P1:V6	7.625 abcdef	N2:P3:V5	6.410 efghijkl
N1:P2:V2	7.530 abcdefg	N2:P0:V5	6.390 efghijkl
N2:P0:V3	7.478 abcdefgh	N1:P0:V6	6.270 fghijkl
N1:P1:V3	7.400 abcdefgh	N1:P0:V2	6.265 fghijkl
N1:P1:V4	7.397 abcdefgh	N1:P3:V6	6.258 fghijkl
N2:P0:V2	7.372 abcdefgh	N1:P1:V1	6.147 ghijkl
N2:P0:V6	7.340 abcdefghi	N1:P0:V4	6.133 ghijkl
N1:P2:V4	7.272 abcdefghi	N2:P1:V5	6.125 hijkl
N1:P2:V3	7.262 abcdefghi	N1:P2:V1	6.083 hijkl
N2:P2:V5	7.225 abcdefghi	N2:P0:V1	5.945 ijkl
N2:P3:V4	7.208 abcdefghi	N2:P1:V1	5.713 jkl
N2:P3:V6	7.168 abcdefghi	N1:P0:V1	5.625 jkl
N2:P0:V4	7.157 abcdefghi	N1:P3:V5	5.602 jkl
N1:P2:V6	7.152 abcdefghi	N1:P0:V5	5.477 kl
N2:P3:V2	6.880 abcdefghij	N2:P3:V1	5.327 l

Ket.: -Perlakuan dengan grup yang berbeda memiliki perbedaan diameter batang yang signifikan.

Legend: -Treatments with different groups have significantly different mean stem diameter



2019). Kekurangan ini juga dapat mempengaruhi sintesis piruvat dan akumulasi poliamina dan asam organik (Cui *et al.*, 2020). Menariknya, dalam penelitian ini, peningkatan dosis pupuk kalium (K) dikaitkan dengan penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Fenomena ini dapat disebabkan oleh fakta bahwa kelebihan K dapat menyebabkan ketidakseimbangan ion dalam tanaman, yang berpotensi menyebabkan kekurangan nutrisi lain, terutama mikronutrien seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg) (Ishfaq *et al.*, 2022; Rhodes & Miles, 2018).

Meskipun Mg dibutuhkan dalam jumlah yang relatif kecil, elemen ini penting dalam berbagai proses tanaman. Mg sangat penting untuk pembentukan klorofil, terlibat dalam sintesis protein, dan berfungsi sebagai aktivator untuk lebih dari 300 enzim (Xie *et al.*, 2021). Oleh karena itu, sangat disayangkan bahwa aplikasi K yang berlebihan dapat mengganggu penyerapan Mg, karena elemen lain tidak dapat menggantikan Mg, yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Penelitian ini mengungkapkan bahwa aplikasi pupuk kalium (K) optimal pada 50% dari dosis yang direkomendasikan, dimana hasil pengukuran menunjukkan peningkatan parameter morfologi, termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, dan aspek visual seperti warna daun dan kinerja akar. Menariknya, dosis 50% dari rekomendasi lebih unggul dibandingkan dengan aplikasi pupuk K 100% sesuai dengan pedoman yang direkomendasikan. Menurut Dubos *et al.* (2017), penggunaan pupuk K (dalam hal ini KCl memperkaya kandungan K di tanah, yang mana dapat memperbaiki kandung Ca dan Mg. Peningkatan N dan K tidak memberikan hasil produksi yang signifikan dibandingkan dengan pemberian rasio pupuk intermediet, yang artinya pemberian pupuk berlebihan meningkatkan resiko tercucinya N, K dan kation lain di lapisan tanah yang lebih dalam. Kekurangan maupun kelebihan K dapat berpotensi mengganggu proses asimilasi karbon dan transportasi fotosintat (Xu *et al.*, 2020). Oleh karena itu, aplikasi bijak jenis dan dosis pupuk tertentu serta kemampuan tanaman untuk memanfaatkan nutrisi ini secara efisien memainkan peran penting dalam mendorong pertumbuhan tanaman yang optimal.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi antara jenis, dosis, dan populasi tanaman kelapa sawit yang digunakan dalam eksperimen tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun pada bibit kelapa sawit. Namun, hal ini sangat memengaruhi tinggi tanaman dan diameter batang. Menariknya, tinggi tanaman dan diameter batang dapat bervariasi bahkan dalam satu perlakuan jenis pupuk, dosis, atau populasi atau sebagai kombinasi dari ketiga faktor ini.

Kinerja yang superior atau mendekati optimal dari populasi tertentu, bahkan ketika terkena perlakuan pupuk yang tidak optimal, menunjukkan bahwa populasi ini dapat memanfaatkan nutrisi lebih baik daripada genotipe lainnya. Dalam konteks ini, populasi V2 dan V6 menunjukkan kinerja terbaik, yang ditandai dengan tinggi tanaman tertinggi, jumlah daun tertinggi, dan diameter batang terbesar, bahkan ketika menerima perlakuan pupuk di bawah tingkat yang direkomendasikan (misalnya, pupuk K pada 75% dari dosis yang direkomendasikan untuk perlakuan N2P2V6 dan pupuk N pada 50% dari dosis yang direkomendasikan untuk perlakuan N1P3V2). Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mendapatkan wawasan yang lebih dalam tentang mekanisme yang digunakan oleh tanaman kelapa sawit untuk mengatasi kekurangan nutrisi dan meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi. Penelitian semacam itu dapat memberikan informasi berharga untuk mengidentifikasi dan mengembangkan bahan tanaman yang efisien dalam memanfaatkan nutrisi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pengelola Dana Perkebunan Kelapa Sawit atas dukungan keuangan untuk penelitian ini dan kepada Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) atas segala dukungannya dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baligar, V. C., Fageria, N. K., He, Z. L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 32(7-8), 921-950. <https://doi.org/10.1081/CSS-100104098>.

- Cui, J., Lamade, E., Tcherkez, G. 2020. Potassium deficiency reconfigures sugar export and induces catecholamine accumulation in oil palm leaves. *Plant Science*, 110628. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110628>
- Dubos, B., Snoeck, D., Flori, A. 2017. Excessive use of fertilizer can increase leaching processes and modify soil reserves in two ecuadorian oil palm plantations. *Experimental Agriculture*, 53(2), 255-268. doi:10.1017/S0014479716000363
- Fauzi, W. R., Putra, E. T. S. 2019. Impact of Potassium and Drought Stress on Nutrient Uptake and Production of Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seedling Biomass. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*, 27(1), 41-56. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v27i1.74>
- Ginting, E.N., Rahutomo S., Sutarta, E.S. 2021. The relative efficiency of fertilization using the pocket method compared to the broadcast method in oil palm plantations. *Warta PPKS* 26(2): 81-92. <https://doi.org/10.22302/iopri.war.warta.v26i2.62>.
- Ginting, E.N., Rahutomo, S., Sutarta, E.S. 2018. Nutrients Use Efficiency of Several Types of Fertilizers on The Oil Palm Seedling. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 26, 2 (Aug. 2018), 79-90. <https://doi.org/10.22302/iopri.jur.jpks.v26i2.38>.
- Govindasamy, P., Muthusamy, S. K., Tej, P., Jagannadham, K., Maity, A., Halli, H. M., Sujayanad, G. K., Vadivel, R., Das, T. K., Raj, R., Pooniya, V., Babu, S., Rathore, S. S., Muralikrishnan, L., Tiwari, G. 2023. Nitrogen use efficiency — a key to enhancing crop productivity under a changing climate. *Front. Plant Sci.*, 14 1–19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1121073>
- Ishfaq, M., Wang, Y., Yan, M., Wang, Z., Wu, L., Li, C., Li, X. 2022. Physiological Essence of Magnesium in Plants and Its Widespread Deficiency in the Farming System of China. *Front. Plant Sci.*, 13 1–17. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.802274>
- Mirande-Ney, C., Tcherkez, G., Balliau, T., Zivy, M., Gilard, F., Cui, J., Ghashghaie, J., Lamade, E. 2020. Metabolic leaf responses to potassium availability in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) trees grown in the field. *Environmental and Experimental Botany*, 175(April), 104062. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104062>
- Mohidin, H., Hanafi, M. M., Rafii, Y. M., Nor, S., Abdullah, A. 2015. Determination of optimum levels of nitrogen, phosphorus and potassium of oil palm seedlings in solution culture. *Bragantia* 74 (3): 247–254. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0408>
- Najihah, T. S., Ibrahim, M. H., Amalina, N., Zain, M., Nulit, R. 2020. Activity of the oil palm seedlings exposed to a different rate of potassium fertilizer under water stress condition. *AIMS Environmental Science*, 2020, 7(1): 46-68. doi: 10.3934/environsci.2020004
- Nieves-Cordones, M., Alemán, F., Martínez, V., Rubio, F. 2014. K⁺ uptake in plant roots. The systems involved, their regulation and parallels in other organisms. *Journal of Plant Physiology*, 171(9), 688–695. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2013.09.021>
- Nuanlaong, S., Wuthisuthimathavee, S., Suraninpong, P. 2021. Lysigenous aerenchyma formation: responsiveness to waterlogging in oil palm roots. *Biologia Plantarum*, 65(14), 167–176. <https://doi.org/10.32615/bp.2021.002>
- Ollivier, J., Flori, A., Cochard, B., Amblard, P., Turnbull, N., Syahputra, I., Suryana, E., Lubis, Z., Surya, E., Sihombing, E., Tristan, D. 2016. Genetic Variation in Nutrient Uptake and Nutrient Use Efficiency of Oil Palm. *Journal of Plant Nutrition*. 40. 00-00. doi:10.1080/01904167.2016.1262415



- Rahma, A., Mardiana. W., Saroha. M. 2019. The effectiveness of fertilizer in various sachet sizes on the growth of oil palm seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq). *Jurnal Agro Estate*, 3(2), pp. 80–89. doi: 10.47199/jae.v3i2.62.
- Rani, P., Saini, I., Singh, N., Kaushik, P., Id, L. W., Al-barty, A., Darwish, H., Noureldeen, A. 2021. Effect of potassium fertilizer on the growth , physiological parameters , and water status of Brassica juncea cultivars under different irrigation regimes. *PLoS ONE* 16(9): e0257023 . <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257023>
- Rhodes, R., Miles, N. 2018. Field Crops Research Interactions between potassium, calcium and magnesium in sugarcane grown on two contrasting soils in South Africa. *Field Crops Research* 223:1–11. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.01.001>
- Shrestha, J., Kandel, M., Subedi, S., Shah, K. K. 2020. Role of Nutrients in Rice (*Oryza sativa* L.): A Review. *Agrica* 9, 53–62. <https://doi.org/10.5958/2394-448X.2020.00008.5>
- Silva, J. U. R. 2000. Essential Nutrients for Plant Growth: Nutrient Functions and Deficiency Symptoms. in Silva, J.A. and Uchida, R. (Eds.), *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture* University of Hawai, Manoa pp 31–55.
- Situmorang, AA. Tabrani, G., Islan. 2017. Uji beberapa varietas kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) terhadap lama cekaman genangan air. *JOM Faperta* 4(1). available at <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFAPER/TA/article/view/16161/0> (Date accessed: 22 December 2023)
- Wang, Y., Wu, W. H. 2013. Potassium transport and signaling in higher plants. *Annual Review of Plant Biology*, 64, 451–476. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-050312-120153>
- Xie, K., Cakmak, I., Wang, S., Zhang, F., Guo, S. 2021. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *Crop Journal*, 9(2), 249–256 . <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>
- Xu, X., Du, X., Wang, F., Sha, J., Chen, Q., Tian, G., Zhu, Z., Ge, S., Jiang, Y. 2020. Effects of Potassium Levels on Plant Growth, Accumulation and Distribution of Carbon, and Nitrate Metabolism in Apple Dwarf Rootstock Seedlings. *Frontiers in Plant Science*, 11(June), 1–13 . <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>
- Zhang, H., Zhao, Y., Zhu, J. 2020. Review Thriving under Stress : How Plants Balance Growth and the Stress Response. *Developmental Cell*, 55(5), 529–543 . <https://doi.org/10.1016/j.devcel.2020.10.012>
- Zhao, N., Li, C., Yan, Y., Cao, W., Song, A., Wang, H., Chen, S., Jiang, J., Chen, F. 2018. Comparative transcriptome analysis of waterlogging-sensitive and waterlogging-tolerant Chrysanthemum morifolium cultivars under waterlogging stress and reoxygenation conditions. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(5). <https://doi.org/10.3390/ijms19051455>.