

Morfo-fisiologi Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Aplikasi Beberapa Jenis Pupuk Nitrogen

(Morpho-physiological Characteristics of Cocoa Seedlings [*Theobroma cacao* L.] on Application of Several Types of Nitrogen)

Danie Indra Yama *, Tika Rahma Yunita, Zaenal Mutaqin, Alfiah

¹Program Studi Budidaya Tanaman Perkebunan, Jurusan Teknologi Pertanian, Politeknik Negeri Pontianak, Jalan Jenderal Ahmad Yani, Bansir Laut, Kec. Pontianak Tenggara, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, 78124, Indonesia
E-mail: danieindrayama@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history

Submitted: May 23, 2025

Accepted: August 25, 2025

Published: November 7, 2025

Keywords:

dosage,
fertilizer,
plant,
response

ABSTRACT

The nursery is the initial phase that determines success in the subsequent phases. The constraints in the nursery phase are less than optimal growth because nutrients in the soil are less available, one of which is nitrogen. As a result, physiological activity to support growth is also less than optimal. This study aims to determine the effect of different nitrogen fertilizers on the physiological response of cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings and to identify the optimal nitrogen fertilizer dosage for achieving the best physiological response in these seedlings. The research employed a Randomized Block Design (RBD) with 10 treatment levels of nitrogen fertilizers, differing in dosage and type: control (N_0), urea $1.50 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_1), urea 3 g.polybag^{-1} (N_2), urea $4.50 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_3), ZA $3.29 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_4), ZA $6.57 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_5), ZA $9.86 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_6), calcium nitrate $4.60 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_7), calcium nitrate $9.20 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_8), and calcium nitrate $13.80 \text{ g.polybag}^{-1}$ (N_9). Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) with further testing using Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results indicated that the type of fertilizer did not significantly affect leaf color, chlorophyll content, leaf-to-root ratio, or the timing of flush emergence. However, nitrogen fertilizer application significantly influenced the stomatal density in cocoa seedlings, with the ZA $9.86 \text{ g.polybag}^{-1}$ dosage resulting in a stomatal density of 422.93 mm^{-2} .



Copyright © 2025 Author(s). This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan komoditas yang memiliki daya saing ekspor yang dapat meningkatkan pendapatan petani dan perekonomian nasional. Dari tahun 2012-2021, secara keseluruhan komoditas kakao di Indonesia memiliki daya saing yang tinggi secara internasional, namun masih dibawah Nigeria dan Ekuador (Izzatin et al., 2023). Perkebunan kakao di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat yang memiliki produktivitas masih tergolong rendah yaitu $0,35 \text{ ton.ha}^{-1}$. Peningkatan kualitas maupun kuantitas produktivitas tanaman kakao adalah dengan memperhatikan aspek budidaya tanaman kakao salah satunya yaitu fase pembibitan. Pembibitan merupakan langkah awal untuk mendapatkan bibit kakao yang

baik untuk ditanam di lapangan selain itu fase pembibitan ini juga menentukan keberhasilan pada fase-fase berikutnya. Pembibitan kakao yang baik akan menghasilkan bibit kakao yang baik sehingga diharapkan pertumbuhan vegetatif dan generatif serta produksi juga akan baik (Triastuti et al., 2016). Kendala yang sering terjadi pada fase pembibitan kendala yaitu pertumbuhan tanaman kurang maksimal seperti daun lebih kecil dan pertumbuhan daun maupun batang lambat, akar pendek karena hara dalam tanah kurang tersedia, akibatnya aktivitas fisiologis untuk mendukung pertumbuhan juga kurang maksimal. Apabila ketersediaan nitrogen terbatas maka berpengaruh terhadap laju fotosintesis karena nitrogen merupakan unsur penyusun klorofil (Santana et al., 2020). Menurut Tobing et al. (2019), pembentukan *flush* (daun baru yang baru muncul) membutuhkan bahan dan energi dari fotosintesis untuk pembelahan dan juga diferensiasi sel melalui pemberian pupuk anorganik. Jadi apabila bahan dan energi tersebut tidak terpenuhi karena kurangnya nitrogen maka pembentukan primordia daun tidak terjadi. Oleh karena itu, untuk mendukung aktivitas fisiologi dan metabolisme tanaman perlu dilakukan pemberian tambahan nutrisi untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara sehingga dapat mendukung pertumbuhan vegetatif, salah satunya dengan pemberian bahan anorganik seperti pupuk yang mengandung nitrogen (Desiana et al., 2013). Unsur nitrogen merupakan unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak. Nitrogen dapat diserap dalam bentuk tersedia berupa ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-) melalui proses hidrolisis dengan bantuan enzim urease (Sagita et al., 2022). Dalam meningkatkan pertumbuhan dosis pemberian pupuk merupakan salah satu faktor penting. Pemupukan harus dilakukan secara tepat dosis sesuai dengan kebutuhan tanaman. Apabila tanaman diberikan dosis pemupukan yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah maka tanaman akan mengalami cekaman dan tujuan pemupukan tidak tercapai (Nurahmi et al., 2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Depari et al. (2018) menyatakan bahwa bobot basah dan bobot kering tajuk kakao dipengaruhi oleh amonium nitrat yang terkandung dalam pupuk NPK. Menurut Mutaqin et al. (2025), aplikasi 1,38 g nitrogen yang setara dengan 3 g.polybag⁻¹ urea, 6,57 g.polybag⁻¹ ZA dan 9,20 g.polybag⁻¹ kalsium nitrat merupakan dosis paling efektif untuk pembibitan kakao. Urea dengan bentuk kimia $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ sebanyak 2 g.l⁻¹ dapat meningkatkan 6,89 jumlah daun bibit kopi robusta (Saroh et al., 2024). Berdasarkan data tersebut bahwa saat ini penelitian mengenai pupuk yang mengandung nitrogen dengan kandungan bentuk nitrogen yang berbeda masih terbatas terhadap morfologi tanaman, sedangkan pengaruh terhadap fisiologi tanaman belum banyak dikaji, sedangkan proses fisiologi tanaman merupakan proses yang berpengaruh terhadap pembentukan morfologinya. Menurut Kristanto et al. (2022) bahwa kerapatan stomata dan kandungan klorofil merupakan respon fisiologi tanaman. Kedua parameter tersebut digunakan sebagai indikator perubahan fisiologi terhadap perubahan lingkungan yaitu perlakuan yang diberikan. Kerapatan stomata dapat mempengaruhi laju transpirasi dan pertukaran gas sedangkan kandungan klorofil berkaitan dengan efisiensi fotosintesis. Oleh karena itu diperlukan penelitian sehingga dapat menilai seberapa besar pengaruh pemberian jenis pupuk nitrogen terhadap fisiologis pertumbuhan bibit kakao. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian jenis pupuk nitrogen terhadap respons fisiologi pada bibit tanaman kakao, memperoleh dosis yang terbaik dari pupuk nitrogen terhadap respons fisiologi pada bibit tanaman kakao.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Rumah Penelitian dan Laboratorium Ilmu Tanaman Perkebunan, Politeknik Negeri Pontianak dan dilaksanakan dari bulan Maret sampai Agustus 2024. Alat dan bahan yang dipakai yaitu software Adobe photoshop, mikroskop Yazumi tipe X5Z-107BN, spektrofotometer Shimadzu UV-2600, dan tanah Podsolik Merah Kuning (PMK).

Rancangan penelitian yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan perlakuan aplikasi pupuk nitrogen dengan tiga kali ulangan. Aras perlakuan sebagai berikut: kontrol (N_0), urea 1,50 g.polybag⁻¹ (N_1), urea 3,00 g.polybag⁻¹ (N_2), urea 4,50 g.polybag⁻¹ (N_3), ZA 3,29 g.polybag⁻¹ (N_4), ZA 6,57 g.polybag⁻¹ (N_5), ZA 9,86 g.polybag⁻¹ (N_6), kalsium nitrat 4,60 g.polybag⁻¹ (N_7), kalsium nitrat 9,20 g.polybag⁻¹ (N_8), dan kalsium nitrat 13,80 g.polybag⁻¹ (N_9).

Penelitian ini menggunakan media tanah Podsolik Merah Kuning (PMK) dengan campuran pupuk kandang dan sekam padi (2:1:1). Penyemaian biji kakao Trinitario dilakukan dalam pot tray hingga membentuk tanaman sempurna, kemudian dipindah ke polybag berukuran 25 cm x 25 cm dan dipupuk menggunakan KCl 2,4 g.polybag⁻¹ dan SP36 0,6 g.polybag⁻¹ saat sebelum tanam. Aplikasi perlakuan jenis pupuk nitrogen dilakukan saat tanaman berumur 3 MST dengan membenamkan pupuk melingkari tanaman. Setelah itu dilakukan pemeliharaan hingga 10 MST dan pengamatan. Variabel yang diamati yaitu kerapatan stomata (mm⁻²) diamati pada 10 MST dengan cara cat kuku bening dioles secara tipis dan merata pada bawah daun, diangkat menggunakan isolasi lalu direkatkan pada kaca preparat (Indrayani & Perdani, 2018) dan diamati dengan mikroskop dengan perbesaran 40x. Kerapatan stomata dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan stomata} = \frac{\text{Jumlah stomata}}{\text{Luas bidang pandang}} \quad (1)$$

Kehijauan daun yang diamati pada 10 MST pada daun dibawah *flush* menggunakan kamera digital Mpix 18 MP. Pengambilan gambar dengan jarak 30 cm dan ditutup agar gambar yang diambil tidak terkena cahaya matahari. Kemudian gambar dimasukkan ke dalam photoshop dan dihitung nilai hijau (*green*) (Nasarudin & Parawansa, 2010). Variabel kandungan klorofil (mg.l⁻¹) juga diamati pada 10 MST dengan cara 1 g sampel daun ketiga dari pucuk diambil kemudian diekstrak kedalam 20 ml aseton 80%, disaring, kemudian dicentrifuge selama 5 menit dengan kecepatan 10.000 rpm dan diamati absorbansinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 649 nm dan 665 nm. Menurut Ajiningrum (2018), hasil absorbansi dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Klorofil Total (mg.L}^{-1}\text{)} = 20 (\text{OD } 649) + 6,1 (\text{OD } 665) \quad (2)$$

Keterangan: OD = nilai absorbansi klorofil

Variabel waktu muncul *Flush* (daun baru yang muncul) dihitung pada saat tumbuh daun kakao berwarna merah pada bagian ujung tunas dengan satuan hari dan flush yang dihitung merupakan flush pertama. Sedangkan variabel rasio Tajuk Akar (g) dihitung dari perbandingan antara berat kering tajuk dan berat kering akar diamati 10 MST.

Data pengamatan yang sudah didapat kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA), apabila menunjukkan berpengaruh nyata maka diuji lanjut pada taraf 5% menggunakan *uji Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kerapatan Stomata

Stomata merupakan lubang kecil yang berada pada epidermis daun yang berperan penting dalam aktivitas fotosintesis, penguapan air melalui proses transpirasi, dan sebagai tempat pertukaran gas O₂ dan CO₂ (Putri et al., 2016). Astiani et al. (2024) juga menjelaskan bahwa proses transpirasi dipengaruhi oleh jumlah stomata dan kecukupan unsur nitrogen akan mempengaruhi pada fase fotosintesis. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian jenis pupuk nitrogen berpengaruh pada kerapatan stomata pada daun tanaman kakao. Kerapatan stomata yang tinggi pada bibit tanaman kakao diduga dipengaruhi unsur hara nitrogen yang diserap oleh tanaman kakao. Hal ini sejalan dengan penelitian Nadiyah et al. (2023) yang menyatakan bahwa unsur hara sangat penting untuk pertumbuhan tanaman dan ketersediaan nitrogen dapat meningkatkan jumlah stomata. Tabel 1 menunjukkan bahwa bibit kakao yang diberi pupuk nitrogen dengan jenis dan dosis yang berbeda dapat meningkatkan kerapatan stomatanya. Bibit kakao yang diberi pupuk ZA sebanyak 9,86 g.polybag⁻¹ meningkatkan kerapatan stomata sebesar 64,90% dibandingkan dengan kontrol (Gambar 1), sedangkan jenis dan dosis urea yang lain dapat meningkatkan kerapatan stomata sebesar 33,44-50,99% .

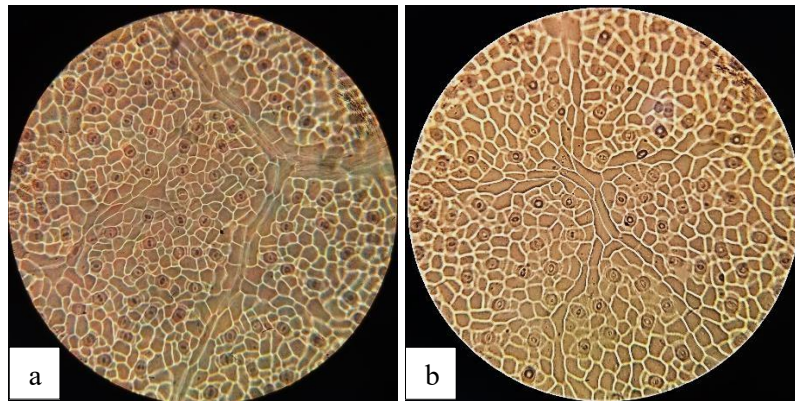
Tabel 1. Rerata kerapatan stomata bibit tanaman kakao pada perlakuan pemberian beberapa jenis pupuk nitrogen pada 10 MSA

Perlakuan	Kerapatan stomata (mm ⁻²)
Tanpa pupuk/kontrol (N ₀)	256,47 c
Urea 1,50 g.polybag ⁻¹ (N ₁)	360,08 ab
Urea 3,00 g.polybag ⁻¹ (N ₂)	384,71 ab
Urea 4,50 g.polybag ⁻¹ (N ₃)	360,93 ab
ZA 3,29 g.polybag ⁻¹ (N ₄)	358,39 ab
ZA 6,57 g.polybag ⁻¹ (N ₅)	308,28 bc
ZA 9,86 g.polybag ⁻¹ (N ₆)	422,93 a
Kalsium nitrat 4,60 g.polybag ⁻¹ (N ₇)	379,62 ab
Kalsium nitrat 9,20 g.polybag ⁻¹ (N ₈)	342,25 ab
Kalsium nitrat 13,80 g.polybag ⁻¹ (N ₉)	387,26 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf 95%.

Pemberian dosis pupuk ZA 9,86 g.polybag⁻¹ (N₆) merupakan dosis pupuk nitrogen yang terbaik dalam meningkatkan kerapatan stomata pada tanaman kakao. Peningkatan kerapatan stomata bibit kakao disebabkan adanya perbedaan bentuk dari unsur N dan dosis yang tepat dalam aplikasinya. Menurut Singh et al. (2012), pupuk ZA mengandung unsur N dan S yang dapat meningkatkan kandungan nitrogen dan sulfur dalam jaringan tanaman. Sulfur membantu memaksimalkan fungsi nitrogen dalam pembentukan klorofil yang dibutuhkan dalam aktivitas fotosintesis. Laju fotosintesis yang tinggi mendorong pembelahan sel induk stomata sehingga meningkatkan kerapatannya. Kandungan (NH₄)₂SO₄ pada pupuk ZA mendukung perbaikan jaringan daun sedangkan sulfur berfungsi sebagai aktivator enzim dalam aktivitas stomata dan sintesis protein (Saida et al., 2023). Kerapatan stomata yang tinggi meningkatkan difusi CO₂

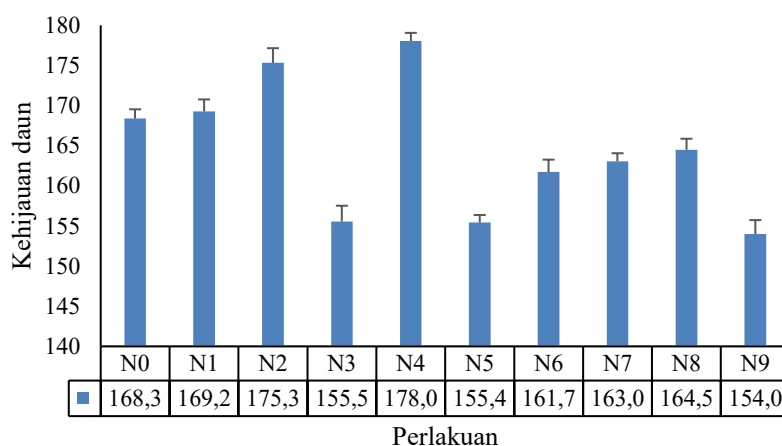
yang mengakibatkan peningkatan kandungan klorofil dan efisiensi fotosintesis. Dengan demikian, aplikasi ZA tidak hanya meningkatkan kerapatan stomata tetapi juga memperbaiki kandungan klorofil dan mendukung pertumbuhan tanaman kakao secara optimal. Hasil penelitian Syarifah et al. (2022) menyatakan bahwa peningkatan dosis nitrogen berbanding lurus dengan peningkatan kerapatan stomata, baik dalam kondisi cekaman air maupun kecukupan air.



Gambar 1. Kerapatan stomata pada pemberian pupuk ZA 9,86 g.polybag⁻¹ (a) dan perlakuan kontrol/tanpa pemupukan (b)

Kehijauan Daun

Kehijauan daun merupakan salah satu indikator efektivitas tanaman dalam memanfaatkan nitrogen karena nitrogen merupakan salah satu pembentuk klorofil yang membuat tanaman menjadi berwarna hijau (Kristanto et al., 2022). Semakin hijau warna daun maka tanaman semakin efektif dalam memanfaatkan nitrogen. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa kehijauan daun bibit kakao tidak dipengaruhi oleh pemupukan beberapa jenis nitrogen (Gambar 2). Hal ini karena kurangnya efektivitas pemberian pupuk nitrogen terhadap tanaman sehingga kurangnya serapan hara akan unsur nitrogen terhadap tanaman yang dapat mempengaruhi warna daun. Warna daun hijau pada tanaman terjadi karena adanya klorofil atau zat hijau daun yang terbentuk salah satunya dari nitrogen. Menurut Rachmawati et al. (2010), kesesuaian antara kebutuhan aktual tanaman dengan pemberian pupuk nitrogen akan menjadikan tanaman lebih optimal dalam serapannya dan menurunkan penguapan nitrogen ke udara. Ketidaksesuaian penggunaan nitrogen akan berdampak buruk pada tanaman salah satunya pembentukan klorofil. Oleh karena itu pemupukan nitrogen yang tepat merupakan salah satu faktor untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman pada daun berwarna hijau. Fungsi unsur hara nitrogen yaitu memacu pertumbuhan vegetatif terutama daun, batang dan cabang. Selain itu nitrogen juga berperan dalam pembentukan protein dan beberapa senyawa organik lain untuk mendukung pertumbuhannya. Armita et al. (2022) juga menyatakan bahwa keadaan defisiensi nutrisi pada tanaman dapat terjadi pada tanah yang mengandung unsur hara yang banyak. Hal ini karena faktor biotik dan abiotik pada lingkungan juga mempengaruhi terhadap ketersediaan hara pada tanah karena tanaman hanya dapat memanfaatkan unsur hara dalam bentuk tersedia dan ketersediaan hara tersebut dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Apabila terjadi toksisitas pada tanaman maka akan terjadi juga defisiensi unsur hara jenis lain dan akan menyebabkan penyerapan nutrisi menjadi terhambat.

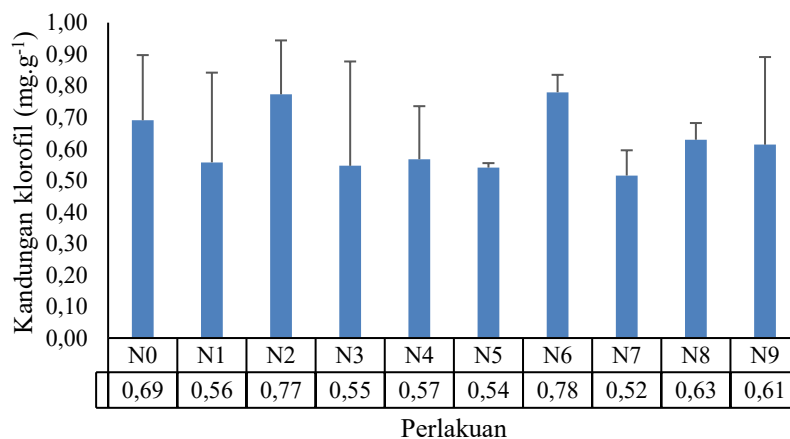


Keterangan: N₀ = kontrol, N₁ = urea 1,50 g.polybag⁻¹, N₂ = urea 3,00 g.polybag⁻¹, N₃ = urea 4,50 g.polybag⁻¹, N₄ = ZA 3,29 g.polybag⁻¹, N₅ = ZA 6,57 g.polybag⁻¹, N₆ = ZA 9,86 g.polybag⁻¹, N₇ = kalsium nitrat 4,60 g.polybag⁻¹, N₈ = kalsium nitrat 9,20 g.polybag⁻¹, N₉ = kalsium nitrat 13,80 g.polybag⁻¹.

Gambar 2. Rerata kehijauan daun bibit kakao pada pemberian beberapa jenis pupuk nitrogen

Kandungan Klorofil

Tanaman hijau yang berfotosintesis memiliki pigmen berwarna hijau yang disebut dengan klorofil. Klorofil berperan utama dalam menangkap cahaya matahari, memfiksasi CO₂ untuk menghasilkan karbohidrat dan juga energi. Karbohidrat yang dihasilkan dalam fotosintesis diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat dan molekul organik lainnya (Kristanto et al., 2022).



Keterangan: N₀ = kontrol, N₁ = urea 1,50 g.polybag⁻¹, N₂ = urea 3,00 g.polybag⁻¹, N₃ = urea 4,50 g.polybag⁻¹, N₄ = ZA 3,29 g.polybag⁻¹, N₅ = ZA 6,57 g.polybag⁻¹, N₆ = ZA 9,86 g.polybag⁻¹, N₇ = kalsium nitrat 4,60 g.polybag⁻¹, N₈ = kalsium nitrat 9,20 g.polybag⁻¹, N₉ = kalsium nitrat 13,80 g.polybag⁻¹.

Gambar 3. Rerata kandungan klorofil daun bibit kakao pada pemberian beberapa jenis pupuk nitrogen

Berdasarkan analisis statistik, perlakuan berbagai jenis pupuk nitrogen tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun bibit kakao (Gambar 3). Hal ini disebabkan oleh volatilisasi dan pencucian pupuk yang mengurangi efisiensi penyerapan nitrogen oleh tanaman. Sifat volatil yang tinggi pada pupuk nitrogen menyebabkan nitrogen mudah menguap

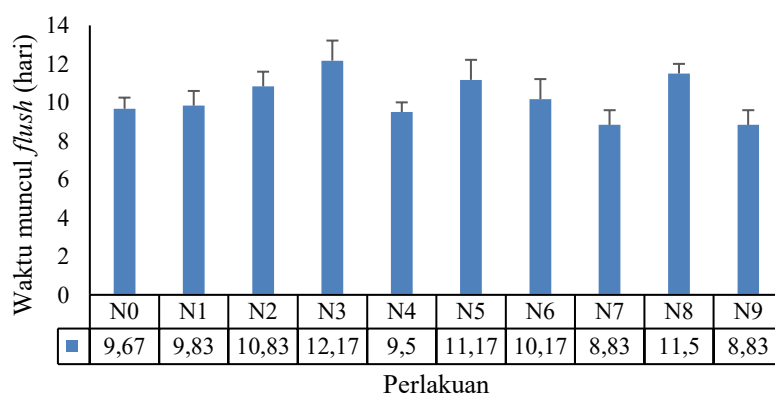
sebagai amonia terutama akibat proses hidrolisis pada tanah (Sagita et al., 2022). Meskipun nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil dan kehijauan daun, namun dalam penelitian ini menghasilkan perbedaan yang tidak signifikan antar perlakuan pada variabel kandungan klorofil dan kehijauan daun.

Perlakuan N₄ menghasilkan daun yang paling hijau tetapi kandungan klorofilnya rendah dan sebaliknya bahwa perlakuan N₆ menghasilkan daun yang kurang hijau tetapi kandungan klorofilnya tinggi. Hal ini karena dosis nitrogen yang tinggi menyebabkan tanaman mengalami stres fisiologis akibat akumulasi NH₄⁺ sehingga terjadi peningkatan klorofil sebagai bentuk adaptasi tanaman mempertahankan proses fotosintesis. Nitrogen yang diberikan pada dosis rendah dapat diserap lebih efisien dan langsung digunakan dalam sintesis asam amino dan klorofil tanpa perlu reduksi tambahan. Selain itu adanya perbedaan metodologi pengukuran, nilai kehijauan daun diukur secara visual yang dipengaruhi oleh morfologi daun, refleksi cahaya dan pigmen lain sedangkan kandungan klorofil diukur secara kimia. Menurut Setyanti et al. (2013) pemupukan nitrogen seharusnya berperan dalam memacu pertumbuhan akar, sehingga kapasitas serap dan kecepatan penyerapan nutrisi meningkat. Nitrogen berperan dalam pembentukan klorofil dan menjadikan daun berwarna hijau. Tanaman yang kelebihan nitrogen dapat dilihat dari daun yang berwarna hijau kelam, sedangkan apabila tanaman mengalami kahat nitrogen maka warna daun menjadi menjadi kuning pucat. Tingginya kandungan klorofil pada daun tanaman bibit kakao juga dipengaruhi oleh kerapatan stomata pada daun tersebut. Kerapatan stomata yang lebih tinggi memungkinkan CO₂ masuk kemudian mendukung proses fotosintesis dan meningkatkan produksi klorofil pada daun tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Erwinda et al. (2022) menyatakan bahwa korelasi jumlah stomata terhadap kadar klorofil yang memiliki hubungan berbanding lurus. Semakin banyak jumlah stomata, maka kadar klorofil juga meningkat. Apabila stomata pada organ daun lebih banyak yang menutup dan berjumlah sedikit maka CO₂ yang dipertukarkan melalui stomata juga sedikit. Faktor lingkungan seperti cahaya, kelembaban, dan suhu juga berpengaruh terhadap sintesis klorofil. Dalam kondisi tertentu, meskipun nitrogen tersedia, faktor lingkungan yang tidak mendukung dapat menghambat proses fotosintesis dan sintesis klorofil. Hendriyani & Setiari (2009) juga menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi sintesis klorofil yaitu unsur berbagai unsur salah satunya nitrogen, cahaya, air, karbohidrat, suhu. Peningkatan jumlah klorofil pada daun maka aktivitas fotosintesis berlangsung secara optimal, sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih cepat dan maksimal (Fahrindra et al., 2024).

Waktu Muncul *Flush*

Daun muda yang baru terbentuk pada tanaman disebut dengan *flush*. Faktor yang mempengaruhi terbentuknya *flush* yaitu fisiologis internal namun selain itu faktor unsur hara yang tersedia, sifat fisik tanah dan iklim juga dapat mempengaruhinya (Tobing et al., 2019). Hasil analisis secara statistik yaitu pada Gambar 4 bahwa pemberian jenis pupuk nitrogen tidak mempengaruhi waktu pembentukan *flush*, namun rata-rata *flush* tanaman kakao muncul pada hari ke-9 hingga hari ke-12, waktu tersebut tergolong lebih cepat. Menurut Syukri et al. (2019) bahwa rata-rata waktu muncul tunas tanaman kakao pada hari ke-16 dengan perlakuan lama penyimpanan entres. Pupuk yang mengandung nitrogen dalam bentuk amonium maupun nitrat merupakan pupuk yang memiliki sifat kelarutan yang besar sehingga akan mudah diserap.

Menurut Soepriyanto et al. (2021) menyatakan bahwa terdapat hubungan yang kuat yaitu sebesar $R^2 = 0,709$ antara kelarutan pupuk dengan serapan nitrogen. Oleh karena itu, semakin besar kelarutan pupuk maka semakin efisiensi serapannya sehingga akan semakin mudah untuk diserap oleh tanaman yang akhirnya akan mempercepat pembentukan *flush*. Penelitian yang dilakukan oleh Pamungkas & Supijatno (2017) juga menyatakan pembentukan daun/*flush* dan bagian vegetatif lainnya disebabkan karena pemberian pupuk yang mengandung unsur nitrogen. Faktor lain yang menyebabkannya waktu munculnya pucuk pada tanaman yaitu disebabkan oleh faktor lingkungan misalnya kelembaban dan hormon endogen pada tanaman kakao. Jika kelembaban udara stabil akan dapat mempercepat pertumbuhan tunas muda pada tanaman. Akan tetapi, kelembaban yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman. Keberadaan hormon auksin endogen dapat merangsang pertumbuhan tunas pada daun-daun muda kemudian menyebar ke organ-organ lain (Pancaningtyas, 2019).

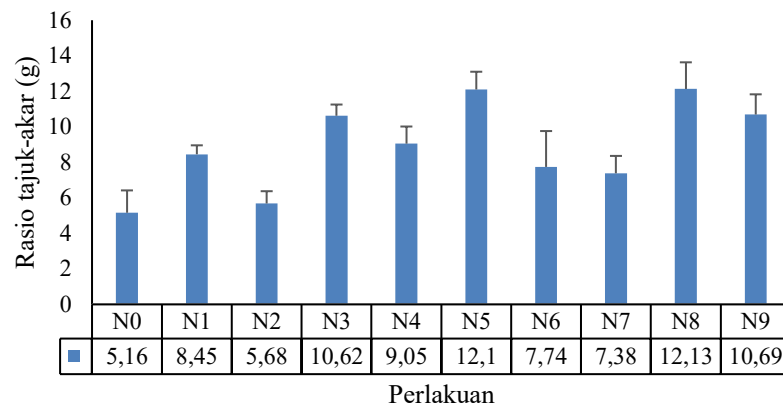


Keterangan: N₀ = kontrol, N₁ = urea 1,50 g.polybag⁻¹, N₂ = urea 3,00 g.polybag⁻¹, N₃ = urea 4,50 g.polybag⁻¹, N₄ = ZA 3,29 g.polybag⁻¹, N₅ = ZA 6,57 g.polybag⁻¹, N₆ = ZA 9,86 g.polybag⁻¹, N₇ = kalsium nitrat 4,60 g.polybag⁻¹, N₈ = kalsium nitrat 9,20 g.polybag⁻¹, N₉ = kalsium nitrat 13,80 g.polybag⁻¹.

Gambar 4. Rerata waktu muncul *flush* bibit kakao pada pemberian beberapa jenis pupuk nitrogen

Rasio Tajuk-Akar

Rasio tajuk-akar merupakan salah satu indikator yang digunakan untuk mengukur status hara suatu tanaman. Nilai ini diperoleh dengan membagi berat kering tajuk dengan berat kering akar tanaman. Jika pertumbuhan akar lebih kecil dibanding pertumbuhan tajuk, maka nilai rasio tajuk akar akan besar dan sebaliknya jika pertumbuhan akar lebih besar dari pada tajuk, nilai nilai rasio ini akan rendah (Gunawan et al., 2016). Nilai rasio tersebut dapat digunakan untuk menunjukkan keseimbangan pertumbuhan antara tajuk dan akar (Ardiansyah et al., 2024). Tanaman akan tumbuh optimal apabila akar berkembang dengan baik, karena akar berperan penting dalam penyerapan unsur hara (Darlis et al., 2024). Oleh karena itu rasio tajuk-akar juga mencerminkan kemampuan akar dalam menyerap nutrisi (Novita et al., 2014).



Keterangan: N₀ = kontrol, N₁ = urea 1,50 g.polybag⁻¹, N₂ = urea 3,00 g.polybag⁻¹, N₃ = urea 4,50 g.polybag⁻¹, N₄ = ZA 3,29 g.polybag⁻¹, N₅ = ZA 6,57 g.polybag⁻¹, N₆ = ZA 9,86 g.polybag⁻¹, N₇ = kalsium nitrat 4,60 g.polybag⁻¹, N₈ = kalsium nitrat 9,20 g.polybag⁻¹, N₉ = kalsium nitrat 13,80 g.polybag⁻¹.

Gambar 5. Rerata rasio tajuk akar bibit kakao pada pemberian beberapa jenis pupuk nitrogen

Analisis ragam menunjukkan bahwa nilai rasio tajuk akar kakao pada pembibitan tidak dipengaruhi secara nyata oleh pemberian berbagai jenis pupuk nitrogen meskipun terdapat perbedaan nilai rasio tajuk akar (Gambar 5). Hal ini dapat diartikan bahwa tanaman kakao memiliki kemampuan penyerapan nitrogen yang sama besarnya meskipun nitrogen diberikan dalam jenis yang berbeda. Nitrogen diserap tanaman dalam bentuk amonium dan nitrat yang terdapat pada pupuk urea dan kalsium nitrat, sementara pupuk ZA mengandung tambahan unsur sulfur yang efektif apabila dikombinasikan dengan nitrogen. Ketiga jenis pupuk yang diberikan dengan dosis berbeda dapat diserap dengan baik oleh tanaman. Akar melakukan respirasi yang menghasilkan energi untuk penyerapan nutrisi, sehingga akar tumbuh optimal. Unsur hara didalam tanah juga menjadi bahan baku fotosintesis yang menghasilkan glukosa, yang kemudian diangkut melalui jaringan floem menuju tajuk tanaman (Ramadhani et al., 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pemberian jenis pupuk nitrogen tidak berpengaruh terhadap kehijauan daun, kandungan klorofil, rasio tajuk akar umur 10 MST dan waktu munculnya pucuk, tetapi aplikasi jenis pupuk nitrogen mempengaruhi kerapatan stomata pada daun bibit tanaman kakao. Pemberian dosis pupuk nitrogen ZA 9,86 g.polybag⁻¹ menghasilkan kerapatan stomata 422,93 mm⁻².

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aplikasi pupuk nitrogen dengan teknologi pelepasan terkendali agar aplikasi nitrogen lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajiningrum, P. S. (2018). Kadar total pigmen klorofil tanaman *Avicennia marina* pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Stigma*, 11(2), 52–59. <https://doi.org/10.36456/stigma.vol11.no02.a1734>
- Ardiansyah, A., Mardhiansyah, M., & Darlis, V. V. (2024). Pengaruh pemberian kompos batang pisang terhadap pertumbuhan semai pulai (*Alstonia scholaris*). *ULIN: Jurnal Hutan Tropis*, 8(2), 1. <https://doi.org/10.32522/ujht.v8i2.11903>
- Armita, D., Wahdaniyah, Hafsan, & Amanah, H. Al. (2022). Diagnosis visual masalah unsur hara esensial pada berbagai jenis tanaman. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 16(1), 139–150. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v16i1.28639>
- Astiani, M., Sukmawati, Rahim, I., Yamin, M., & Suherman. (2024). Karakteristik dan analisis korelasi karakter fisiologis tanaman jagung hibrida (*Zea mays* L.) pada tanah bertekstur liat diperkaya pupuk slow release berbasis biochar. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 12(2), 154–163. <https://doi.org/10.30605/perbal.v12i2.3455>
- Darlis, V. V., Siahaan, H., Mardhiansyah, M., & Pebriandi. (2024). Pengaruh pupuk organik cair bonggol pisang terhadap pertumbuhan tanaman tembesu (*Fagraea fragrans*). *Jurnal Education and Development*, 12(1), 333. <https://doi.org/10.37081/ed.v12i1.5750>
- Depari, B. P., Sitepu, F. E. T., & Ginting, J. (2018). Respon pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian kompos kulit buah kakao dan pupuk majemuk NPK. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6(2), 244–252. <https://doi.org/10.32734/ja.v6i2.2601>
- Desiana, C., Banuwa, I. S., Evizal, R., & Yusnaini, S. (2013). Pengaruh pupuk organik cair urin sapi dan limbah tahu terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *J. Agrotek Tropika*, 1(1), 113–119. <https://doi.org/10.23960/jat.v1i1.1927>
- Erwinda, A., Suharto, E., & Anwar, G. (2022). Korelasi antara kadar timbal dengan kadar klorofil dan jumlah stomata pada daun mahoni (*Swietenia macrophlla* King) di jalur hijau Kota Bengkulu. *Journal of Global Forest and Environmental Science*, 2(1), 89–97.
- Fahrindra, F. R., Suryanti, S., & Purwanti, S. (2024). Sifat daun, pertumbuhan dan hasil tanaman jagung hibrida pada berbagai dosis pupuk N. *BIOFARM Jurnal Ilmiah Pertanian*, 20(1), 65–71.
- Gunawan, A., Mardhiansyah, M., & Arlita, T. (2016). Uji beberapa media tanam terhadap pertumbuhan stek trubusan dari tunggul sisa penebangan *Eucalyptus pellita*. *Jom Faperta UR*, 3(2).
- Hendriyani, I. S., & Setiari, N. (2009). Kandungan klorofil dan pertumbuhan kacang panjang (*Vigna sinensis*) pada tingkat penyediaan air yang berbeda. *Jurnal Sains & Mat*, 17(3), 145–150.
- Indrayani, S., & Perdani, A. Y. (2018). Metode koleksi dan pengamatan stomata tanaman garut menggunakan pewarna kuku. *PROS SEM NAS MASY BIODIV INDON*, 4(2), 158–162. <https://doi.org/10.13057/psnmmbi/m040210>
- Izzatin, N. R., Durroh, B., & Masahid. (2023). Analisis daya saing ekspor kakao Indonesia di pasar internasional. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 6(2), 337–349. <https://doi.org/10.37637/ab.v6i2.1266>
- Kristanto, A. S., Anggoro, R., Yama, D. I., Fakhruddin, J., & Ali, M. (2022). Respons morfofisiologi tanaman kelapa sawit pre nursery pada pemberian kompos kotoran walet dan bakteri

- Synechococcus* Sp. *Jur. Agroekotek*, 14(2), 182–195. <https://doi.org/10.33512/jur.agroekotetek.v14i2.17197>
- Mutaqin, Z., Pratiwi, S., Yunita, T. R., Yama, D. I., & Solihin, E. (2025). Efektivitas beberapa jenis pupuk nitrogen pada pembibitan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 25(2), 1151–1158. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v25i2.6108>
- Nadiyah, S. F., Munasik, & Hidayat, N. (2023). Pengaruh level nitrogen dari tiga jenis pupuk anorganik terhadap jumlah dan lebar stomata daun rumput benggala. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Dan Agribisnis Peternakan X*, 589–597.
- Nasarudin, & Parawansa, I. N. R. (2010). Pertumbuhan dan evaluasi kandungan nitrogen melalui indikasi warna daun pada tanaman kakao (*Theobroma Cacao* L.) belum menghasilkan. *Jurnal Agrisistem*, 6(2), 65–75.
- Novita, R. Y., Sampoerno, & Khoiri, M. A. (2014). Efek pemberian pupuk kascing dan urea terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jom Faperta*, 1(2), 1–10.
- Nurahmi, E., Yunus, Y., & Yennita. (2013). Pengaruh umur kecambah dan dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan bibit kakao. *J. Floratek*, 8, 10–17. <https://doi.org/10.17969/floratek.v8i1.856>
- Pamungkas, M. A., & Supijatno. (2017). Pengaruh pemupukan nitrogen terhadap tinggi dan percabangan tanaman teh (*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze) untuk pembentukan bidang petik. *Bul. Agronomi*, 5(2), 234–241. <https://doi.org/10.29244/agrob.v5i2.16804>
- Pancaningtyas, S. (2019). Jam biologis bagi tanaman kakao. *Warta*, 31(3), 7–11.
- Putri, F. M., Suedy, S. W. A., & Darmanti, S. (2016). Pengaruh pupuk nanosilika terhadap jumlah stomata, kandungan klorofil dan pertumbuhan padi hitam (*Oryza sativa* L. cv. japonica). *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 2(1), 72–79. <https://doi.org/10.14710/jekk.v%25vi%25i.1096>
- Rachmawati, D., Maryani, & Setyaningsih, T. (2010). Pengaruh pupuk nitrogen dan ethephon terhadap pertumbuhan, pembungaan dan hasil padi lokal (*Oryza sativa* L. cv. Rojolele). *Biota*, 15(3), 448–458. <https://doi.org/10.24002/biota.v15i3.2603>
- Ramadhani, R. F., Hartawan, R., Hayata, & Marwan, E. (2024). Pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) Pada Berbagai Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis di Polibag. *Jurnal Media Pertanian*, 9(1), 19. <https://doi.org/10.33087/jagro.v9i1.227>
- Sagita, L., Liman, L., Fathul, F., & Muhtarudin, M. (2022). Pengaruh Pemberian Jenis dan Dosis Pupuk Nitrogen (urea dan calcium ammonium nitrate) terhadap produktivitas rumput gama umami. *Jurnal Riset Dan Inovasi Peternakan (Journal of Research and Innovation of Animals)*, 6(4), 374–384. <https://doi.org/10.23960/jrip.2022.6.4.374-384>
- Saida, S., Haris, A., & Rahim, S. W. (2023). Aplikasi pupuk ZA dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* L.). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 23(3), 358–365. <https://doi.org/10.25181/jppt.v23i3.2824>
- Santana, F. P., Ghulamahdi, M., & Lubis, I. (2020). Respons pertumbuhan, fisiologi, dan produksi kedelai terhadap pemberian pupuk nitrogen dengan dosis dan waktu yang berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 26(1), 24–31. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.24>

- Saroh, C. N. M., Wulanjari, D., Arum, A. P., & Setiyono, S. (2024). Komparasi teknik pemupukan dan dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan bibit kopi robusta. *Proceedings Series on Physical & Formal Sciences*, 7, 25–29. <https://doi.org/10.30595/pspfs.v7i.1195>
- Setyanti, Y. H., Anwar, S., & Slamet, W. (2013). Karakteristik fotosintetik dan serapan fosfor hijauan alfalfa (*Medicago sativa*) pada tinggi pemotongan dan pemupukan nitrogen yang berbeda. *Animal Agriculture Journal*, 2(1), 86–96.
- Singh, A. K., Manibhushan, Meena, M. K., & Upadhyaya, A. (2012). Effect of sulphur and zinc on rice performance and nutrient dynamics in plants and soil of indo gangetic plains. *Journal of Agricultural Science*, 4(11), 162–170. <https://doi.org/10.5539/jas.v4n11p162>
- Soepriyanto, S., Sulistyawati, & Purnamasari, R. T. (2021). Pengaruh pemberian berbagai jenis pupuk nitrogen terhadap jumlah klorofil daun kacang tanah. *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan*, 5(1), 23–31.
- Syarifah, R. N. K., Ulinuha, Z., & Purwanto, P. (2022). Pengaruh pemupukan N terhadap serapan dan efisiensi penggunaan N, serta hasil padi hibrida. *Jurnal AGRO*, 8(2), 262–273. <https://doi.org/10.15575/15084>
- Syukri, Juanda, B. R., & Supriyadi. (2019). Pengaruh defoliasi dan lama penyimpanan entres terhadap keberhasilan sambung pucuk bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Agrosamudra*, 6(1), 61–73. <https://doi.org/10.33059/jupas.v6i1.1508>
- Tobing, E. M. L., Rosniawaty, S., & Soleh, M. A. (2019). Pengaruh dosis dan cara pemberian pupuk anorganik terhadap pertumbuhan kakao (*Theobroma cacao* L.) belum menghasilkan klon Sulawesi 1. *Jurnal Agrikultura*, 2019(2), 46–52. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i2.22920>
- Triastuti, F., Wardati, & Yulia, A. E. (2016). Pengaruh pupuk kascing dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan bibit tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jom Faperta*, 3(1).