

**PENGARUH DOSIS DAN JENIS APLIKASI BORON TERHADAP TINGKAT LAYU PENTIL  
(CHERELLE WILT) TANAMAN KAKAO**

**THE EFFECT OF DOSES AND METHODE APPLICATION OF BORON ON CHERELLE WILTH OF  
CACAO PLANT**

**\*Endang Sri Dewi. HS<sup>1\*</sup>, Prapto Yudono<sup>2</sup>, Eka Tarwaca Susila putra<sup>2</sup>, Benito Heru  
Purwanto<sup>3</sup>, Toyip<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sintuwu Maroso  
Jl. Pulau Timor, Gebang Rejo, Kab. Poso, Sulawesi Tengah 94612

<sup>2</sup>Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada

<sup>3</sup>Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Flora, Bulaksumur, Kab. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281

Corresponding email: [sridewihs83@gmail.com](mailto:sridewihs83@gmail.com)

**ABSTRAK**

**Kata kunci:**

Boron  
Cherelle  
Kakao  
Nutrisi  
Pollen

*Cherelle wilt* merupakan penyakit fisiologis pada tahap awal perkembangan buah kakao karena kegagalan perkembangan buah. Salah satu unsur yang diduga kuat menjadi penyebab adalah unsur boron yang ketersediannya sangat penting bagi tanaman karena berperan dalam perkembangan sel, metabolisme protein, asam amino, nitrat, lemak, karbohidrat, auksin dan fenol, fungsi membran, berperan dalam keberhasilan pembentukan bunga, pembuahan dan perkembangan buah. Tujuan penelitian untuk mengkaji dan meneliti tentang pengaruh boron terhadap layu pentil kakao. Penelitian dirancang menggunakan rancangan *Randomized Complete Block Design* (RCBD) dimana faktor A terdiri dari metode aplikasi pupuk yaitu lewat daun dan lewat tanah sedangkan faktor B adalah takaran pemberian boron yang terdiri dari tanpa pemberian pupuk, pemberian boron 1,5 g.pohon<sup>-1</sup>, 3 g. Pohon<sup>-1</sup>, 4,5 g.pohon<sup>-1</sup> dan 6 g.pohon<sup>-1</sup> setiap perlakuan diulang tiga kali, setiap ulangan terdiri dari 5 tanaman sehingga kombinasi perlakuan menjadi 2 x 5 x 3 x 5 = 150 tanaman. Parameter yang diamati adalah Boron total daun, viabilitas pollen, total pentil yang terbentuk, persentase pentil sehat, dan pentil layu. Hasil menunjukkan bahwa metode aplikasi pupuk boron berpengaruh terhadap layu pentil kakao. Metode aplikasi boron lewat daun dengan dosis 0, 4,5 dan 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan nilai pentil layu yang lebih tinggi. Sedangkan metode aplikasi boron lewat daun dosis 1,5, dan 3 g.tanaman<sup>-1</sup> serta metode aplikasi lewat tanah dosis 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan persentase pentil sehat yang lebih tinggi. Metode aplikasi lewat daun dengan dosis 3 g.tanaman<sup>-1</sup> adalah dosis maksimal yang mampu memberikan hasil tertinggi terhadap viabilitas pollen, jumlah buah, dan persentase pentil sehat.

**ABSTRACT**

**Keywords:**

Boron  
Cerelle  
Cacao  
Nutrient  
Pollen

Cherelle wilt is a physiological disease in the early stages of cocoa pod development due to failure of pod development. One element that is strongly suspected of being the cause is boron whose availability is very important for plants because it plays a role in cell development, protein metabolism, amino acids, nitrates, fats, carbohydrates, auxins and phenols, membrane function, plays a role in the successful formation of flowers, fertilization, and fruit development. The objective of this study to examine the effect of boron on cherelle wilt. The study used Randomized Complete Block Design (RCBD), factor A is fertilizer application consist of the leaves and the soil, while factor B is dose of boron consist of no fertilizer application, 1.5 g.tree<sup>-1</sup>, 3 g. tree<sup>-1</sup>, 4.5 g.tree<sup>-1</sup>, and 6 g.tree<sup>-1</sup> (each treatment was repeated three times, each repetition consisted of 5 plants

so that the treatment combinations is 150 plants. Parameters observed were total leaf boron, pollen viability, total formed pod, percentage of fresh pod, and cherelle wilt. The results showed that the method of boron application influenced the wilting of the cocoa valves. The foliar application with doses of 0, 4.5 and 6 g.tree<sup>-1</sup>. While the foliar application with doses of 1.5 and 3 g.tree<sup>-1</sup> and the soil application with doses of 6 g.tree<sup>-1</sup> gave a higher percentage of healthy nipples. Foliar application with dose of 3 g.tree<sup>-1</sup> is the maximum capable of giving the highest yield of pollen viability, number of fruits, and percentage of fresh pod.

## PENDAHULUAN

*Cherelle wilt* merupakan penyakit fisiologis pada tahap awal perkembangan buah kakao karena kegagalan perkembangan buah. Layu yang terjadi mencapai 70-90% dari total pentil yang terbentuk permusim pembungaan dengan demikian hanya 10-30% pentil yang dapat berkembang menjadi buah (Prawoto, 2000; Efron *et al.*, 2003). Fenomena layu pada bunga dan pentil merupakan hal yang wajar terjadi pada sebagian besar tanaman perkebunan seperti halnya tanaman kakao, akan tetapi layu pentil yang berlebihan akan berdampak terhadap penurunan hasil produksi. Layu pentil merupakan salah satu faktor dari sekian banyak faktor yang berpengaruh terhadap produksi kakao tetapi jika tidak diperhatikan akan memberikan kerugian yang besar karena pentil yang dapat melewati fase layu pentil akan dapat berkembang menjadi buah dewasa yang dapat dipanen dengan catatan tidak terserang hama atau penyakit tanaman.

Layu pentil dapat terjadi kurangnya asimilat, nutrisi dan air yang dapat ditranslokasikan ke dalam pentil, gangguan pada sistem pembuluh dan pembatasan hormonal (Hasenstein &

Zavada, 2001; Mckelvie, 1956; Astuti *et al.*, 2011). Berbeda dengan Prawoto (2000) yang melaporkan bahwa asimilat, nutrisi dan air tidak dapat masuk ke dalam pentil karena adanya penyumbatan pada pembuluh xilem dan floem, namun penyebab terjadinya penyumbatan belum dilaporkan sampai saat ini. Salah satu unsur yang diduga kuat menjadi penyebab adalah unsur boron. Boron merupakan unsur mikro yang ketersediannya sangat penting bagi tanaman karena berperan dalam perkembangan sel, metabolisme protein, asam amino, nitrat, lemak, karbohidrat, auksin dan fenol, fungsi membran, berperan dalam keberhasilan pembentukan bunga, pembuahan dan perkembangan buah (Brown & Hu, 1997; Marschner, 2012). Defisiensi boron menghambat transportasi air dari akar ke bagian atas tanaman dengan menghambat dan merusak sistem jaringan pembuluh floem (Brown *et al.*, 2008; Yan *et al.*, 2022).

Boron juga dilaporkan dapat menghambat aktivitas IAA *oksidase* yang merupakan enzim yang menonaktifkan IAA (Taiz & Zeiger, 2006). Boron juga dilaporkan berperan dalam meningkatkan aktivitas *plasmalemma H<sup>+</sup> ATPase*, yang mengendalikan pemompaan H<sup>+</sup> dari dalam

sel ke luar sel (Camacho-Cristobal & Gonzalez-Fontes, 2007). Fungsi tersebut hampir sama dengan sistem kerja auksin yang menstimulasi pompa kation  $H^+$  dari dalam sel menuju ke dinding sel yang menyebabkan aktifnya enzim-enzim yang berperan dalam pemutusan ikatan antar molekul selulosa, sehingga mikrofibril akan menjadi renggang dengan demikian air dapat masuk ke dalam sel. Masunya air ke dalam sel dapat mengaktifkan hormon giberelin yang berperan dalam metabolisme DNA dan RNA dan juga dapat mempengaruhi pembentukan auksin karena dapat menginduksi pembentukan enzim proteolitik yang dapat melepaskan asam amino tryptophan yang merupakan prekursor auksin sehingga dapat meningkatkan kandungan auksin dalam pinitil (Taiz & Zeiger, 2006). Berdasarkan hasil tersebut maka perlu untuk mengkaji dan meneliti tentang pengaruh boron terhadap layu pinitil kakao.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kakao yang memiliki kesamaan umur yaitu umur 8 Tahun, klon dan juga sehat, dan tidak terserang penyakit. Klon kakao yang digunakan adalah klon RCC 71. Penelitian telah dilaksanakan Pada bulan Juni tahun 2018 - Bulan Februari Tahun 2019 di kebun Kakao Unit Segayung Utara milik PT Pagilaran UGM, Desa Simbang Jati

Kecamatan Tulis Kabupaten Batang, Jawa Tengah, Indonesia.

Penelitian dirancang menggunakan rancangan Randomized Complete Block Design (RCBD), faktor A terdiri dari metode aplikasi pupuk yaitu lewat daun dan lewat tanah sedangkan faktor B adalah takaran pemberian boron yang terdiri dari tanpa pemberian pupuk, pemberian boron  $1,5 \text{ g.pohon}^{-1}$ ,  $3 \text{ g.pohon}^{-1}$ ,  $4,5 \text{ g.pohon}^{-1}$  dan  $6 \text{ g.pohon}^{-1}$  setiap perlakuan diulang tiga kali, setiap ulangan terdiri dari 5 tanaman sehingga kombinasi perlakuan menjadi  $2 \times 5 \times 3 \times 5 = 150$  tanaman. Pemberian pupuk lewat tanah diberikan pada saat selesai panen raya (3 minggu sebelum muncul pembungaan). Pupuk lewat daun diberikan dua kali yaitu pada awal pembungaan (1 minggu sebelum muncul bunga) dan pada umur 2 minggu setelah pembungaan. Pupuk boron yang digunakan adalah jenis pupuk pro analisis dengan kadar  $H_3BO_3$  sebesar 99%.

## Parameter Pengamatan

### a. Kadar boron total daun

Ekstrak daun kakao di pipet sebanyak 4 mL kedalam tabung reaksi lalu ditambahkan 1 mL larutan sangga kocok. Kemudian ditambahkan dengan 1 mL Azomethine\_H dan dibiarkan 1 jam. Setelah 1 jam boron diukur menggunakan Spektrofotometer pada panjang gelombang 430 nm dengan deret standar B sebagai pembanding.

## b. Viabilitas polen

Viabilitas polen diukur menggunakan metode pewarnaan *acetocarmin*. Bunga kakao yang baru mekar diambil pada jam 7 pagi dimasukkan ke dalam tube kecil. Tube kecil yang berisi bunga di masukkan ke dalam *boks ice* yang telah diisi dengan *ice gel*. Sampel polen kemudian dibawa ke laboratorium untuk segera dilakukan pengamatan. Polen dibubuhkan di atas gelas objek kemudian ditambahkan setetes *acetocarmin*, didiamkan selama 2 jam kemudian diamati dibawah mikroskop. Polen yang viabel akan berwarna merah muda. Selanjutnya polen dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Viabilitas polen} = \left( \frac{\text{Polen yang berwarna merah muda}}{\text{total polen}} \right) \times 100 \%$$

## c. Jumlah pentil kakao sehat dan pentil kakao layu

Jumlah pentil kakao sehat dan pentil kakao layu dihitung pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah masa anthesis (Selanjutnya ditulis: MSA). Pentil yang dihitung adalah pentil yang muncul pada batang utama, batang primer, batang sekunder dan batang tersier.

## d. Persentase pentil kakao sehat dan pentil kakao layu

Perhitungan persentase pentil kakao sehat dan pentil kakao layu dilakukan setelah memperoleh data jumlah pentil. Perhitungan dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Persentase pentil sehat} = \left( \frac{\text{jumlah pentil sehat}}{\text{total pentil}} \right) \times 100 \%$$

$$\text{Persentase pentil layu} = \left( \frac{\text{jumlah pentil layu}}{\text{total pentil}} \right) \times 100 \%$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Layu pentil adalah salah satu masalah yang terjadi pada tanaman kakao yang dapat menyebabkan penurunan hasil karena kurangnya buah yang dapat berkembang menjadi buah dewasa, sehingga buah yang dapat dipanen lebih sedikit. Layu pentil adalah penyakit yang disebabkan karena adanya gangguan fisiologis yang terjadi dalam buah yang sedang berkembang. Salah satu unsur yang diduga kuat mempengaruhi layu pentil adalah unsur boron. Boron dalam tanaman berperan dalam menjaga stabilitas sel, mempengaruhi viabilitas polen, mempengaruhi serapan unsur hara NPK serta mempengaruhi aktivitas fisiologis tanaman.

### Kadar boron total daun

Hasil menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara dosis boron yang diberikan dengan metode aplikasi yang digunakan. Metode aplikasi lewat daun dengan dosis boron sebesar 3, 4,5, dan 6 g. tanaman<sup>-1</sup> memberikan kadar B total pentil tertinggi dibandingkan perlakuan lainya (Tabel 1). Metode aplikasi lewat daun memberikan kadar B daun yang lebih tinggi disebabkan karena boron yang diaplikasikan langsung diserap oleh daun, sedangkan boron yang diaplikasikan melalui tanah harus diserap oleh akar terlebih dahulu kemudian ditranspor ke bagian daun. Boron yang di berikan kedalam tanah tidak langsung diserap oleh akar, boron yang diserap oleh akar adalah

boron yang tidak terdisosiasi dan dalam bentuk *borid acid*. Boron yang diaplikasikan dalam tanah tidak secara langsung didistribusikan ke bagian daun akan tetapi melewati beberapa bagian

tanaman sedangkan boron yang di aplikasikan ke bagian daun langsung diserap oleh daun dalam waktu yang cepat (Sances, 2005).

**Tabel 1.** Rata-rata kadar B total daun kakao layu (%) pada berbagai dosis dan metode aplikasi pupuk boron

Metode aplikasi pupuk	Dosis pupuk (g.tanaman <sup>-1</sup> )					Rerata
	0	1,5	3	4,5	6	
B total pentil (%)						
Fertilizer	0,0122 <sup>f</sup>	0,0141 <sup>ef</sup>	0,0179 <sup>ef</sup>	0,0262 <sup>cd</sup>	0,0319 <sup>b</sup>	0,0210
Tanah	0,0120 <sup>f</sup>	0,0204 <sup>de</sup>	0,0338 <sup>b</sup>	0,0445 <sup>a</sup>	0,0467 <sup>a</sup>	0,0315
Daun	0,0121	0,0173	0,0259	0,0354	0,0394	(+)

Keterangan: (+) menunjukkan terdapat interaksi; angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata pada uji HSD pada taraf kesalahan 5%.

**Viabilitas Polen**

Tanaman kakao merupakan tanaman tahunan yang berbunga sepanjang tahun, namun memiliki dua musim berbunga dengan intensitas yang sangat tinggi (setelah panen raya). Perkembangan organ generatif pada tanaman diawali dengan munculnya bunga. Bunga membentuk serbuk sari dan ovula. Serbuk sari mengandung sel gamet jantan dan ovula mengandung sel gamet betina (Yudono., 2012). Peleburan antara sel gamet jantan dan sel gamet betina akan

menghasilkan embrio yang kemudian berkembang menjadi buah (Yudono., 2012). Keberhasilan pembuahan sangat dipengaruhi oleh kualitas polen. Kualitas polen pada tanaman ditunjukkan dengan nilai viabilitas. Viabilitas polen yang tinggi akan mempengaruhi jumlah buah yang terbentuk. Hasil menunjukkan bahwa metode aplikasi lewat daun dengan dosis boron sebesar 3, dan metode aplikasi lewat tanah dengan dosis 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan kadar B total pentil tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 2).

**Tabel 2.** Viabilitas polen (%) tanaman kakao pada perlakuan metode aplikasi dan dosis pupuk boron

Metode aplikasi pupuk	Dosis pupuk (g.tanaman <sup>-1</sup> )					Rerata
	0	1,5	3	4,5	6	
Tanah	62,53 <sup>c</sup>	67,93 <sup>bc</sup>	72,99 <sup>b</sup>	77,75 <sup>ab</sup>	82,23 <sup>a</sup>	72,69
Daun	62,83 <sup>c</sup>	72,15 <sup>b</sup>	85,81 <sup>a</sup>	72,37 <sup>b</sup>	65,13 <sup>c</sup>	71,66
Rerata	62,68	70,04	79,40	75,06	73,68	(+)

Keterangan: (+) menunjukkan tidak ada interaksi; angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata pada uji HSD pada taraf kesalahan 5%.

Peran sentral unsur boron dalam meningkatkan kualitas polen adalah

dengan menjaga agar dinding sel polen tetap elastis saat polen berkecambah,

sehingga polen akan sampai pada ovule dengan cepat. Tanaman kakao sendiri mengalami masa antesis antara pukul 2 dini hari sampai pukul 8 pagi sehingga kecepatan dari perkecambahan polen sangat dibutuhkan. Peran boron dalam meningkatkan perkecambahan polen juga dilaporkan pada beberapa tanaman seperti kacang almond (Nyomora *et al.*, 2000); gandum (Huang *et al.*, 2000); Picea (Wang *et al.*, 2003). Boron mengoptimalkan perkembangan tapetum dan dinding pada proses mikrosporogenesis (Dell & Malajczuk, 1994). Kekurangan boron menyebabkan abnormalitas pada bagian tapetum (Zhang *et al.*, 1997). Tapetum yang tidak berkembang normal akan menyebabkan gangguan pada perkembangan kalaza, mendegradasi material pada eksin, mempengaruhi cadangan karbohidrat pada pollen (Goldberg *et al.*, 1993). Setelah polen mengalami kematangan, eksin akan memberikan semua cadangan makanan, selanjutnya digunakan untuk perkecambahan polen. Lebih lanjut dilaporkan bahwa dinding sel pada tabung polen mengandung polipeptida, glikoprotein dan polisakarida, yang muda berikatan dengan boron dan membentuk kompleks boron-pektitpolisakarida dan menjadi penyusun dinding sel polen (Hu & Brown, 1994).

#### **Total Pentil**

Hasil menunjukkan bahwa Terdapat interaksi antara metode aplikasi pupuk

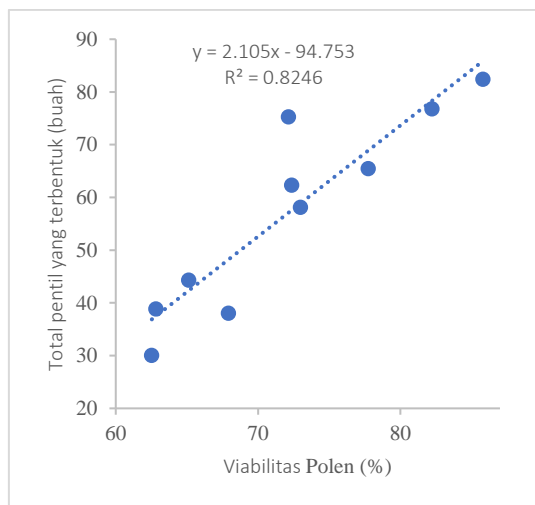
dan dosis pupuk yang digunakan terhadap total pentil pada umur 3 MSA, 6 MSA, 9 MSA, dan 12 MSA. Pada umur 3 MSA dan 6 MSA metode aplikasi lewat daun dengan dosis boron sebesar 1,5, 3, dan 4,5 g.tanaman<sup>-1</sup> Serta Metode aplikasi lewat tanah dengan dosis boron sebesar 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan total pentil tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Pada umur 9 MSA dan 12 MSA metode aplikasi lewat daun dengan dosis boron sebesar 3 g.tanaman<sup>-1</sup> dan Metode aplikasi lewat tanah dengan dosis boron sebesar 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan total pentil tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya (Tabel 3). Hal tersebut disebabkan karena jenis aplikasi lewat daun dengan dosis 3 g.tanaman<sup>-1</sup> dan jenis aplikasi lewat tanah dengan dosis 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memiliki viabilitas polen yang tinggi. Viabilitas polen yang tinggi akibat adanya jenis aplikasi dan dosis boron menyebabkan total pentil yang terbentuk lebih banyak. Peningkatan viabilitas polen tersebut tidak terlepas dari peran boron yang mampu meningkatkan aktivitas fisiologis khususnya fotosintesis (Dewi HS *et al.* 2020), sehingga tanaman yang memiliki boron yang cukup akan menyediakan asimilat yang cukup untuk perkembangan bunga yang termasuk didalamnya viabilitas polen. Selain itu boron secara langsung menjadi bahang dalam menjaga elastitas polen agar tidak muda rusak.

**Tabel 3.** Total pentil (buah) tanaman kakao pada perlakuan dosis dan metode aplikasi pupuk boron

Metode aplikasi pupuk	Dosis pupuk (g.tanaman <sup>-1</sup> )					Rerata
	0	1,5	3	4,5	6	
3 MSA						
Tanah	31,40 <sup>c</sup>	32,33 <sup>c</sup>	33,06 <sup>c</sup>	36,40 <sup>bc</sup>	40,26 <sup>ab</sup>	34,69
Daun	30,80 <sup>c</sup>	42,80 <sup>ab</sup>	43,53 <sup>a</sup>	40,13 <sup>ab</sup>	32,40 <sup>c</sup>	37,93
Rerata	31,10	37,56	38,30	38,27	36,33	(-)
6 MSA						
Tanah	26,86 <sup>e</sup>	28,06 <sup>e</sup>	36,13 <sup>cd</sup>	39,46 <sup>bc</sup>	44,80 <sup>ab</sup>	35,067
Daun	30,06 <sup>de</sup>	45,26 <sup>ab</sup>	48,40 <sup>a</sup>	41,66 <sup>abc</sup>	30,46 <sup>de</sup>	39,174
Rerata	28,47	36,66	42,26	40,56	37,63	(-)
9 MSA						
Tanah	20,40 <sup>d</sup>	22,33 <sup>d</sup>	36,20 <sup>c</sup>	36,06 <sup>c</sup>	43,73 <sup>b</sup>	31,74
Daun	20,73 <sup>d</sup>	44,53 <sup>b</sup>	50,80 <sup>a</sup>	34,00 <sup>c</sup>	23,73 <sup>d</sup>	34,76
Rerata	20,56	33,43	43,50	35,03	33,73	(-)
12 MSA						
Tanah	20,73 <sup>d</sup>	21,60 <sup>d</sup>	33,80 <sup>c</sup>	35,06 <sup>c</sup>	44,60 <sup>ab</sup>	31,16
Daun	19,60 <sup>d</sup>	42,00 <sup>b</sup>	49,86 <sup>a</sup>	32,53 <sup>c</sup>	21,80 <sup>d</sup>	33,16
Rerata	20,16	31,80	41,83	33,80	33,20	(-)

Keterangan : (-) menunjukkan tidak ada interaksi; angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata pada uji HSD pada taraf kesalahan 5%.

Total pentil yang terbentuk nyata dipengaruhi oleh pemberian dosis dan jenis aplikasi pupuk Boron. Boron mempengaruhi pembentukan pentil dengan cara meningkatkan viabilitas polen. Terdapat hubungan antara viabilitas polen dengan total pentil yang terbentuk (Gambar 1).



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara viabilitas polen, total pentil dan persentase pentil kakao sehat dan layu

Setiap peningkatan viabilitas polen akan meningkatkan total pentil yang terbentuk sebesar 82 %. Polen yang viabel akan berkecambah dan membuahi ovule, selain itu polen yg viabel adalah polen yang memiliki cadangan makanan yang dapat digunakan embrio pada pertumbuhan awal embrio.

### Persentase pentil sehat dan pentil layu

Hasil Menunjukkan bahwa Terdapat interaksi antara metode aplikasi pupuk dan dosis pupuk yang digunakan terhadap Rata rata persentase pentil kakao sehat pada umur 3, 6, 9, dan 12 MSP. Metode aplikasi lewat daun dosis 1,5 dan 3 g.tanaman<sup>-1</sup> serta metode aplikasi lewat tanah dosis 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memperlihatkan nilai persentase pentil sehat yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya

pada semua umur pengamatan (Tabel 4). Pentil sehat adalah pentil yang sehat dan tidak mengalami gejala kelayuan. Pupuk boron memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase pentil sehat. Namun demikian terdapat dua pola pengaruh yang berbeda yang diperlihatkan pada

kedua metode aplikasi tersebut. pupuk boron yang diaplikasikan lewat tanah memberikan pengaruh pertumbuhan secara linier sedangkan jenis aplikasi pupuk yang diberikan lewat daun memberikan pengaruh pertumbuhan kuadratik (Tabel 5).

**Tabel 4.** Persentase pentil kakao sehat (%) tanaman kakao pada perlakuan dosis dan metode aplikasi pupuk boron

Metode aplikasi pupuk	Dosis pupuk (g.tanaman <sup>-1</sup> )					Rerata
	0	1,5	3	4,5	6	
3 MSA						
Tanah	35,51 <sup>f</sup>	44,09 <sup>e</sup>	57,97 <sup>cd</sup>	62,09 <sup>bc</sup>	62,81 <sup>abc</sup>	52,50
Daun	44,43 <sup>e</sup>	65,56 <sup>ab</sup>	69,50 <sup>a</sup>	62,47 <sup>bc</sup>	54,26 <sup>d</sup>	59,24
Rerata	39,97	54,83	63,70	62,28	58,54	(-)
6 MSA						
Tanah	30,54 <sup>e</sup>	37,81 <sup>de</sup>	59,29 <sup>c</sup>	61,17 <sup>abc</sup>	68,53 <sup>abc</sup>	52,47
Daun	37,62 <sup>de</sup>	69,23 <sup>ab</sup>	73,69 <sup>a</sup>	59,47 <sup>bc</sup>	42,87 <sup>d</sup>	56,58
Rerata	34,08	53,52	66,49	62,82	55,70	(-)
9 MSA						
Tanah	39,78 <sup>c</sup>	46,88 <sup>c</sup>	61,58 <sup>b</sup>	67,22 <sup>ab</sup>	72,61 <sup>a</sup>	57,62
Daun	40,04 <sup>c</sup>	67,78 <sup>ab</sup>	74,27 <sup>a</sup>	62,08 <sup>b</sup>	43,69 <sup>c</sup>	57,57
Rerata	39,91	57,33	67,92	64,65	58,15	(-)
12 MSA						
Tanah	50,65 <sup>de</sup>	54,99 <sup>cde</sup>	68,19 <sup>ab</sup>	67,81 <sup>abc</sup>	67,83 <sup>abc</sup>	61,89
Daun	46,11 <sup>e</sup>	66,15 <sup>abc</sup>	73,02 <sup>a</sup>	59,54 <sup>bcd</sup>	51,81 <sup>de</sup>	59,32
Rerata	48,38	60,57	70,60	63,68	59,82	(-)

Keterangan: (-) menunjukkan tidak ada interaksi; angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata pada uji HSD pada taraf kesalahan 5%.

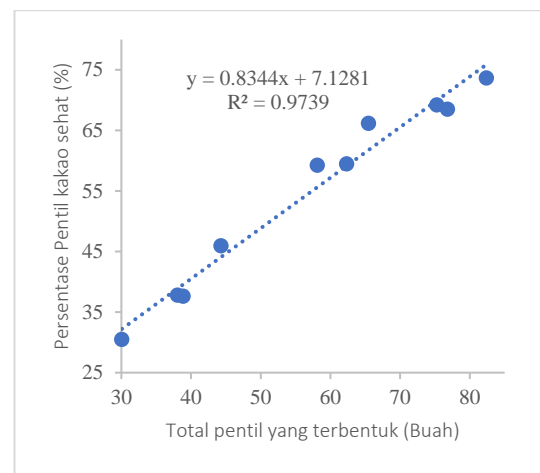
Pengaruh pertumbuhan secara linier menggambarkan bahwa setiap penambahan pupuk boron akan meningkatkan persentase pentil sehat pada umur 3, 6, 9, dan 12 MSA (Tabel 5). Berbeda halnya dengan pupuk boron yang diaplikasikan lewat daun yang memberikan pengaruh pertumbuhan secara kuadratik yang artinya bahwa terdapat dosis minimal yang dapat menghasilkan hasil persentase pentil sehat maksimal pada metode aplikasi lewat daun penambahan dosis hingga 6

g.tanaman<sup>-1</sup> justru menurunkan persentase pentil sehat. Hal ini disebabkan serapan boron pada daun (Tabel 1) meningkat. Meningkatnya serapan boron pada daun mengindikasikan serapan boron pada tanaman juga meningkat. Jumlah boron yang diserap pada dosis tersebut justru menghambat terbentuknya jumlah pentil yang lebih banyak (Tabel 3). Total pentil berkaitan dengan persentase pentil sehat. Semakin banyak total pentil yang terbentuk maka akan semakin tinggi persentase pentil



sehat (Gambar 2). Tanaman merespon kadar boron dengan cara yang berbeda disebabkan karena adanya kemampuan adaptasi. Boron yang di aplikasikan lewat daun meningkatkan serapan boron dalam waktu yang cepat. Dosis boron 3 g.tanaman<sup>-1</sup> dengan metode aplikasi lewat daun memberik nilai B total daun yang setara dengan dosis boron 6 g.tanaman<sup>-1</sup> dengan metode aplikasi lewat tanah. hasil tersebut juga mengindikasikan bahwa boron total daun kakao tidak boleh melebihi 0,033 %. Boron total daun yang melebihi 0,033 % kemungkinan besar menjadi toksit bagi tanaman kakao sehingga justru malah merusak viabilitas polen dan mempengaruhi pembuahan dan pembentukan buah kakao. Alasan ini pula yang menyebabkan mengapa metode aplikasi pupuk lewat tanah memberikan pengaruh pertumbuhan secara linier, hal tersebut dikarenakan b total daun pada dosis tertinggi masih berada dibawah ambang batas aman yaitu 0,031% (Tabel 1). Unsur boron adalah unsur yang penting bagi tanaman namun jumlah yang dibutuhkan sedikit (Marschner, 2012; Lewis 2019). lebih lanjut dilaporkan bahwa kadar boron yang rendah mempengaruhi proses fisiologis seperti laju transirasi, laju fotosintesis, kadar klorofil daun (Dewi HS *et al.*, 2020; Vicosi *et al.*, 2020). Huo *et al.* (2022) melaporkan bahwa boron berperan langsung pada fotosistem II sehingga mempengaruhi

pembentukan asimilat pada tanaman Tebu. Sebaliknya kadar B yang tinggi akan menyebabkan Toxitas atau keracunan pada tanaman (Liu *et al.*, 2017; Vicosi *et al.*, 2020; Meravi & Prajapati, 2020; Ferroni *et al.* 2022; Landi *et al.*, 2013). Tanaman yang keracunan boron akan mengalami daun yang menguning dan kemudian hangus sehingga tidak dapat melakukan proses fotosintesis (Hua *et al.*, 2021).



**Gambar 2.** Hubungan Antara total pentil yang terbentuk dengan persentase pentil Sehat

Hasil menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara metode aplikasi pupuk dan dosis pupuk yang digunakan terhadap persentase pentil kakao layu pada umur 3 MSP, 6 MSP, 9 MSP, dan 12 MSP. Metode aplikasi lewat daun dengan dosis 0 boron. tanaman dan 6 g. tanaman serta metode aplikasi boron lewat tanah dengan dosis 0 g.tanaman<sup>-1</sup> memperlihatkan persentase pentil layu tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya pada semua umur pengamatan (Tabel 6).

**Tabel 5.** Hubungan antara dosis pupuk boron dengan persentase pentil kakao sehat (%) tanaman kakao.

Umur	Persamaan	Dosis Boron Optimal	Persentase pentil sehat maksima
<b>Aplikasi Pupuk lewat tanah</b>			
3	$y = 4,8407x + 37,979$ $R^2 = 0,89704$	-	-
6	$y = 6,9624x + 31,576$ $R^2 = 0,91651$	-	-
9	$y = 5,7078x + 40,536$ $R^2 = 0,96534$	-	-
12	$y = 3,5579x + 50,607$ $R^2 = 0,78847$	-	-
<b>Aplikasi Pupuk lewat daun</b>			
3	$y = -2,2105x^2 + 14,368x + 45,985$ $R^2 = 0,93533$	3,24	69,33
6	$y = -3,6541x^2 + 21,973x + 39,992$ $R^2 = 0,93831$	3,00	73,02
9	$y = -3,0724x^2 + 18,54x + 42,017$ $R^2 = 0,94655$	3,01	69,98
12	$y = -2,4091x^2 + 14,775x + 47,528$ $R^2 = 0,88909$	3,06	70,18

Persentase layu pentil yang tinggi pada tanaman yang tidak dipupuk boron menyebabkan perkembangan embrio terhambat, terhambatnya perkembangan embrio disebabkan cadangan makanan dalam bentuk sukrosa tidak terkonversi menjadi gula reduksi. Dewi HS *et al.* (2021)

melaporkan bahwa kadar boron yang rendah pada klon RCC, RCC 70 dan KKM 22 menyebabkan kadar sukrosa pada pentil layu tidak dikonversi menjadi gula reduksi akibatnya kadar gula reduksi pada pentil layu rendah.

**Tabel 6.** Persentase pentil kakao layu (%) tanaman kakao pada perlakuan dosis dan metode aplikasi pupuk boron

Metode aplikasi pupuk	Dosis pupuk (g.tanaman <sup>-1</sup> )					Rerata
	0	1,5	3	4,5	6	
3 MSP						
Tanah	64,48 <sup>a</sup>	55,90 <sup>b</sup>	42,02 <sup>cd</sup>	37,90 <sup>de</sup>	37,18 <sup>def</sup>	47,49
Daun	65,56 <sup>a</sup>	34,43 <sup>ef</sup>	30,50 <sup>f</sup>	37,52 <sup>de</sup>	45,73 <sup>c</sup>	40,75
Rerata	65,02	45,17	36,26	37,71	41,45	(-)
6 MSP						
Tanah	69,45 <sup>a</sup>	62,18 <sup>ab</sup>	40,70 <sup>c</sup>	33,82 <sup>cde</sup>	31,46 <sup>cde</sup>	47,52
Daun	62,37 <sup>ab</sup>	30,76 <sup>de</sup>	26,30 <sup>e</sup>	40,52 <sup>cd</sup>	57,13 <sup>b</sup>	43,42
Rerata	65,91	46,47	33,50	37,17	44,29	(-)
9 MSP						
Tanah	60,21 <sup>a</sup>	50,58 <sup>a</sup>	38,41 <sup>b</sup>	32,77 <sup>bc</sup>	27,38 <sup>c</sup>	41,87
Daun	59,95 <sup>a</sup>	32,21 <sup>bc</sup>	25,72 <sup>c</sup>	37,91 <sup>b</sup>	56,30 <sup>a</sup>	42,42
Rerata	60,08	41,40	32,07	35,34	41,84	(-)
12 MSP						
Tanah	49,34 <sup>ab</sup>	45,00 <sup>abc</sup>	31,80 <sup>de</sup>	32,18 <sup>cde</sup>	32,16 <sup>cde</sup>	37,06
Daun	53,88 <sup>a</sup>	33,84 <sup>cde</sup>	26,98 <sup>e</sup>	40,45 <sup>bcd</sup>	48,18 <sup>ab</sup>	40,66
Rerata	51,69	39,42	29,39	36,32	40,17	(-)

Keterangan: (-) menunjukkan tidak ada interaksi; angka rerata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak adanya beda nyata pada uji HSD pada taraf kesalahan 5%.

Lebih lanjut dilaporkan bahwa kadar boron yang rendah menyebabkan kadar giberelin, auksin dan sitokinin rendah pada pentil layu. Auksin adalah zat

yang digunakan untuk perpanjangan sel sedangkan giberelin dan sitokinin digunakan untuk pembelahan sel. Kekurangan ketiga zat tersebut

menyebabkan tidak terjadinya pembelahan sel pada pentil dan kemudian mengalami kelayuan (Dewi HS *et al.*, 2020a).

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang telah dipaparkan maka dapat disimpulkan bahwa metode aplikasi pupuk boron berpengaruh terhadap layu pentil kakao. Metode aplikasi boron lewat daun dengan dosis 0, 4,5, dan 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan nilai pentil layu yang lebih tinggi. Sedangkan Metode aplikasi boron lewat daun dosis 1,5 dan 3 g.tanaman<sup>-1</sup> serta metode aplikasi lewat tanah dosis 6 g.tanaman<sup>-1</sup> memberikan persentase pentil sehat yang lebih tinggi. Metode aplikasi lewat daun dengan dosis 3 g.tanaman<sup>-1</sup> adalah dosis maksimal yang mampu memberikan hasil tertinggi terhadap viabilitas polen, jumlah buah, dan persentase pentil sehat.

### DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, Y. T. M., Prawoto, A., & Dewi, K. (2011). Pengaruh keberadaan tunas, aplikasi *Naphtalene Acetic Acid* dan *Gibberelin Acid* terhadap perkembangan buah muda kakao. *Pelita Perkebunan*, 27(1), 11-23. Retrieved from: <https://doi.org/10.22302/iccricri.jur.pelitaperkebunan.v27i1.142>.
- Barker, V. A., & Pilbean, D. J. (2007). *Handbook of plant nutritions*. Taylor and frencis Group, LLT.
- Brown, P. H., & Hu, H. (1997). Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants?. *Plant Nutrition – for sustainable food production and environment*, 196(1997), 63-67.
- Brown, P. H., Bellaloui, N., Wimmer, M. A., Bassil, E. S., Ruiz, J., Hu, H., Pfeffer, H., Dannel, F., & Römheld, V. (2008). Boron in plant biology. *Plant Biology*, 4(2), 205-223. Retrieved from: <https://doi.org/10.1055/s-2002-25740>.
- Camacho-Cristobal, J. J., & Gonzalez-Fontes, A. (2007). Boron deficiency decreases plasmalemma H<sup>+</sup>-ATPase expression and nitrate uptake, and promotes ammonium assimilation into asparagine in tobacco roots. *Planta*, 226 (2), 443-451. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s00425-007-0494-2>.
- Dell, B., & Malajczuk, N. (1994). Boron deficiency in eucalypt plantations in China. *Canadian Journal of Forest Research*, 24(12), 2409-2416. Retrieved from: <https://doi.org/10.1139/x94-311>.
- Dewi, HS. S. E., Yudono, P., Putra, S. T. E., & Purwanto, B. H. (2020a). Physiological and biochemical activities of cherelle wilt on three cocoa clones (*Theobroma cacao*) under two levels of soil fertilities. *Biodiversitas*, 21(1), 187-194. Retrieved from: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210124>.
- Dewi, HS. S. E., Yudono, P., Putra, S. T. E., & Purwanto, B. H. (2020b). Minimalisasi layu pentil (*Cherelle wilt*) melalui penambahan nutrisi boron. *Disertasi*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Dewi, HS. S. E. (2021). Tingkat layu pentil (*Cherelle wilt*) pada berbagai klon kakao. *Jurnal Agroped*, 18(2), 1-13. Retrieved from: <https://ojs.unsimar.ac.id/index.php/AgroPet/article/view/354>.
- Efron, Y., Paina, P., & Taisa, S. (2003). Analysis of the factors affecting yield and yield variability in the SG2 cocoa hybrid variety in papua new guinea. *Proceedings Internal Workshop on Cocoa Breeding for Improved production System*. Rabaul, 50-61.

- Retrieved from: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20063007368>.
- Ferroni, L., Ziv, M., Kovar, M., Colpo, A., Pancaldi, S., Allakhverdiev, S. I., & Brestc, M. (2022). Fast chlorophyll a uorescence induction (OJIP) phenotyping of chlorophyll- deficient wheat suggests that an enlarged acceptor pool size of Photosystem I helps compensate for a deregulated photosynthetic electron ow. *Journal of Photochemistry*, 234 (2022), 112549. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2022.112549>
- Goldberg, R. B., Beals, T. P., & Sanders, M. P. (1993). Anther development: basic principles and practical applications. *Plant Cell*, 5(10), 1217-1229. Retrieved from: <https://doi.org/10.1105/tpc.5.10.1217>.
- Hasenstein, K., & Zavada, M. S. (2001). Auxin modification of the incompatibility response in *Theobroma cacao*. *Physiology Plantarum*, 112(1), 113-118. Retrieved from: <https://doi.org/10.1034/j-1399-3054.2001.1120115.x>.
- Hu, H., & Brown, P. H. (1994). Localization of boron in cell walls of squash and tobacco and its association with pectin: Evidence for a structural role of boron in the cell wall. *Plant Physiology*, 105(2), 681-689. Retrieved from: <https://doi.org/10.1104/pp.105.2.681>.
- Huang, L., Pant, J., Dell, B., Bell, R. W. (2000). Effects of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). *Annals of Botany*, 85(4), 493-500. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.1095>.
- Huo, J., Song, B., Riaz, M., Song, X., Li, J., Liu, H., Huang, W., Jia, Q., & Wu, W. (2022). High boron stress leads to sugar beet (*Beta vulgaris* L.) toxicity by disrupting photosystem II. *Exotoxicology and environmental safety*, 248(2022), 1-10. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.114295>.
- Hua, T., Zhang, R., Sun, H., & Liu, C. (2021). Alleviation of boron toxicity in plants: mechanisms and approaches. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol*, 51(24), 2975-3015. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/10643389.2020.1907451>.
- Landi, M., Pardossi, A., Remorini, D., & Guidi, L. (2013). Antioxidant and photosynthetic response of a purple-leaved and a green-leaved cultivar of sweet basil (*Ocimum basilicum*) to boron excess. *Environmental and Experimental Botany*, 85(2013), 64-75. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.08.008>.
- Lewis, D. (2019). Boron: the essential element for vascular plants that never was. *N. Phytol.*, 221(4), 1685-1690. <https://doi.org/10.1111/nph.15519>.
- Liu, C., Lu, W., Ma, Q., & Ma, C. (2017). Effect of silicon on the alleviation of boron toxicity in wheat growth, boron accumulation, photosynthesis activities, and oxidative responses. *J. Plant Nutr.*, 40(17), 2458-2467. <https://doi.org/10.1080/01904167.2017.1380817>.
- McKelvie, A. D. (1956). Cherelle wilt of cacao. I. Pod development and its relation to wilt. *Journal of Experimental Botany*, 7(1956), 252-263. Retrieved from: <https://www.jstor.org/stable/23686485>.
- Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press Limited Harcourt Brace and Company, Publishers, London, pp. 347-364, ISBN: 978-0-12-384905-2.
- Meravi, N., & Prajapati, S. K. (2020). Temporal variation in chlorophyll uorescence of different tree species. *Biological Rhythm Research*, 51(3),

- 331-337. Retrieved from: <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1528694>.
- Nyomora, A. M. S., Brown, P. H., Pinney, K., & Polito, V. S. (2000). Foliar application of boron to almond trees affects pollen quality. *Journal of American Society for Horticulture Science*, 125(2), 265-270. Retrieved from: <https://doi.org/10.21273/JASHS.125.2.265>.
- Prawoto, A. A. (2000). Kajian morfologis, anatomis dan biokhemis layu pentil kakao serta perkembangan upaya pengendalian. *Pelita Perkebunan*, 16(1), 11 -29.
- Sances, E. E. (2005). Effect of postharvest soil and foliar application of boron fertilizer on the partitioning of boron in apple trees. *Jouranal Horticultura Science*, 40(7), 2115-2117. Retrieved from: <https://doi.org/10.21273/HORTISC.40.7.2115>.
- Takahasi, M. (1993). Exine initiation and substructure in pollen of *Caesalpinia japonica* (Leguminosae: Caesalpinoideae). *American Journal of Bototany*, 80(2), 192-197. Retrieved from: <https://doi.org/10.2307/2445039>.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006). *Plant physiology*. 4th edition online. Sinauer Ass, Inc.
- Vicosi, K. A., de Carvalho A. S., Silva, D. C., Almeida, F. P., Ribeiro, D., & Flores, R. A. (2020). Foliar fertilization with boron on the growth, physiology, and yield of snap beans. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 20 (3), 917-924. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007.s42729-020-00178-1>.
- Wang, Q., Lu, L., Wu, X., Li, Y., & Lin, J. (2003). Boron influences pollen germination and pollen tube growth in *Picea meyeri*. *Journal Tree Physiology*, 23(5), 345-351. <https://doi.org/10.1093/treephys/23.5.345>.
- Yan, L., Riaz, M., Cheng, J., & Jiang, C. (2022). Boron-deficiency and aluminum toxicity activate antioxidant defense and disorganize the cell wall composition and architecture in trifoliolate orange leaf. *Sci. Hortic.* 297(2022), 110961. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.110961>.
- Yudono, P. 2012. *Perbenihan tanaman: dasar ilmu, teknologi dan pengelolaan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Zhang, X., Zhen, Z., & Shen, S. (1997). The effect of boron on the development of floral organs and seed yield of rape. *Acta Pedologica Sinica*, (31)146-151. (In Chinese).