



Keseimbangan Hormonal Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif terhadap Produksi Kakao melalui Aplikasi Paclobutrazol

Hormonal Balance in Vegetative and Generative Growth of Cocoa Production via Paclobutrazol Application

Reynaldi Laurenze ^{*1}, Nasaruddin ¹, Reski Anugraeni Rahman ²

¹ Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

² Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Sleman, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: reynaldilaurenze@unhas.ac.id

Abstrak. Produktivitas kakao di Indonesia, khususnya di Sulawesi Selatan, masih menghadapi tantangan rendahnya hasil panen akibat tingginya persaingan antara tunas muda dan buah sehingga terbentuk layu pentil. Mengingat peran strategis kakao dalam mendukung perekonomian lokal dan nasional, diperlukan inovasi dalam teknik budidaya untuk meningkatkan efisiensi reproduksi dan hasil tanaman. Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah penggunaan paclobutrazol sebagai zat pengatur tumbuh, yang berpotensi menekan pertumbuhan vegetatif dan mengalokasikan asimilat terfokus ke pertumbuhan reproduktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi paclobutrazol terhadap pertumbuhan reproduksi tanaman kakao dan mengetahui konsentrasi yang optimal untuk meningkatkan produksi buah kakao. Penelitian dilaksanakan di Desa Bonto Macinna, Kecamatan Gantarang, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan pada bulan Juli 2021 hingga Januari 2022. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan lima taraf konsentrasi paclobutrazol, yaitu 0 mL.L⁻¹ (control), 5 mL.L⁻¹, 10 mL.L⁻¹, 15 mL.L⁻¹, and 20 mL.L⁻¹. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 15 unit percobaan dan setiap unit terdiri atas 3 tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian paclobutrazol dengan konsentrasi 10 mL.L⁻¹ secara signifikan memiliki produksi buah kakao tertinggi yaitu 309,44 kg.ha⁻¹ dibandingkan dengan konsentrasi paclobutrazol lainnya. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa 10 mL.L⁻¹ merupakan konsentrasi yang optimal untuk meningkatkan pertumbuhan reproduksi dan memaksimalkan produksi kakao.

Kata kunci: Kakao, layu pentil kakao, paclobutrazol, produksi.

Abstract. Cocoa productivity in Indonesia, especially in South Sulawesi, still has the issue of low yields because there's high competition between flush and pods. Cocoa is a big deal for the local and national economy, so we need to come up with new ways to grow it and get more out of each crop. One promising approach is using paclobutrazol as a growth regulator, which has the potential to suppress vegetative growth and focus allocated assimilate to reproductive growth. This research aimed to investigate the impact of paclobutrazol concentrations on reproductive growth in cocoa plants and identify the optimal concentration for enhancing cocoa fruit production. The study was conducted in Bonto Macinna Village, Gantarang District, Bulukumba Regency, South Sulawesi, from July 2021 to January 2022. This study utilized a Randomized

Complete Block Design (RCBD) with five paclobutrazol concentration levels: 0 mL.L⁻¹ (control), 5 mL.L⁻¹, 10 mL.L⁻¹, 15 mL.L⁻¹, and 20 mL.L⁻¹. Each treatment was replicated three times, resulting in 15 experimental units, with each unit consisting of 3 plants. The results showed that applying paclobutrazol at a concentration of 10 mL.L⁻¹ significantly has the highest cocoa fruit production at 309,44 kg.ha⁻¹ compared to other concentrations of paclobutrazol. This finding suggests that 10 mL.L⁻¹ is the optimal concentration for enhancing reproductive growth and maximizing cocoa production.

Keywords: Cocoa, cherelle wilt, paclobutrazol, production.

1. Pendahuluan

Kakao sebagai salah satu komoditas utama di sektor perkebunan, memainkan peran penting dalam perekonomian nasional, terutama dalam menciptakan lapangan kerja, menghasilkan devisa, mengembangkan daerah, dan memperkuat pertumbuhan agro-industri (Putro, 2016; Oyekale, 2022). Menurut data dari Kementerian Pertanian (2022), telah terjadi penurunan luas lahan perkebunan kakao dari tahun 2013-2022 sebesar -1,80% per tahun, disertai dengan fluktuasi produksi kakao yang menurun pada tingkat -0,96% per tahun.

Merujuk pada penurunan signifikan dalam produksi kakao di Indonesia selama periode tersebut, hal ini kemungkinan disebabkan oleh meningkatnya prevalensi perkebunan kakao dengan kondisi tanaman yang tua, tidak produktif, rusak dan tingginya tingkat serangan hama dan penyakit. Hal ini didukung oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (2019), yang menunjukkan pergeseran dalam komposisi area perkebunan kakao berdasarkan kondisi tanaman dimana tanaman produktif menurun menjadi 46,72% (786,324 ha), sementara tanaman yang rusak meningkat menjadi 33,08% (556,766 ha) pada tahun 2019.

Produktivitas tanaman kakao yang rendah telah menjadi perhatian utama para peneliti yang bertujuan untuk meningkatkan pertumbuhan generatif kakao, terutama terkait dengan masalah layu pentil (*cherelle wilt*). Pada tanaman kakao, sekitar 70-90% buah kakao mengalami layu pentil sehingga hal ini sangat berdampak signifikan pada produksi kakao (Dewi *et al.*, 2020). Kondisi ini muncul akibat persaingan nutrisi antara tunas muda dan buah kakao muda (Vliet & Giller, 2017). Pendekatan untuk mengurangi pembentukan tunas muda merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencegah persaingan nutrisi yang berlebihan antara tunas kakao (cabang muda) dan buah muda kakao. Zat penghambat pertumbuhan vegetatif dapat diterapkan untuk mengalihkan asimilasi menuju pertumbuhan reproduktif (Kumari *et al.*, 2018).

Paclobutrazol adalah zat pengatur pertumbuhan yang dapat menghambat pertumbuhan vegetatif tanpa mengurangi produktivitas tanaman karena meningkatkan kandungan klorofil pada daun (Kamran *et al.*, 2018). Paclobutrazol bekerja dengan menghambat produksi giberelin, yang mengakibatkan penghentian perpanjangan sel sementara pembelahan sel terus berlangsung secara terus-menerus (Desta & Getachew, 2021). Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa

penurunan layu pentil rata-rata sebesar 77,37% dapat ditekan dengan mengaplikasikan paclobutrazol pada konsentrasi 7,5 mL/L (Oktaviani, 2008). Hasil penelitian lain oleh Kasran (1994) juga menunjukkan bahwa paclobutrazol dapat mengontrol pertumbuhan vegetatif tanaman dan mengurangi frekuensi pemangkasan, meningkatkan jumlah bunga, serta menurunkan inside layu pentil, sehingga produktivitas dapat mencapai 2,06 ton.ha⁻¹. Paclobutrazol juga dapat merangsang pembungaan awal yang intens sehingga secara tidak langsung dapat meningkatkan produksi kakao (Ashraf & Ashraf, 2020; Kumar et al., 2021). Selain itu, sel-sel pada daun yang diberi paclobutrazol menjadi lebih kecil, sehingga memungkinkan konsentrasi klorofil yang lebih besar. Peningkatan klorofil tersebut dapat terjadi karena adanya phytyl, komponen utama dari molekul klorofil. Phytyl disintesis melalui jalur terpenoid bersama dengan giberelin (Xia et al., 2018).

Paclobutrazol memiliki potensi untuk meningkatkan produksi tanaman kakao dengan cara mengontrol pertumbuhan vegetatif tanaman sehingga asimilat hasil fotosintesis dapat ditingkatkan. Hasil penelitian Rahman et al. (2016) menunjukkan bahwa dampak paclobutrazol terlihat jelas pada tingkat sel, yang dibuktikan dengan pengurangan substansial dalam ukuran sel palisade di dalam daun dan parenkim kortikal di dalam batang. Aplikasi paclobutrazol pada tanaman telah terbukti menghasilkan peningkatan kadar klorofil dan peningkatan laju fotosintesis. Xia et al. (2018) juga menunjukkan bahwa daun dengan kandungan lipid lebih sedikit yang diberikan perlakuan paclobutrazol dapat meningkatkan struktur daun peoni (*Paeonia officinalis*) dan struktur kloroplasnya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai konsentrasi paclobutrazol terhadap pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman kakao, serta menentukan konsentrasi optimal yang dapat menekan pertumbuhan vegetatif, mempermudah proses panen, dan secara signifikan meningkatkan hasil produksi buah kakao.

2. Bahan dan Metode

2.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan dalam bentuk eksperimen di Desa Bonto Macinna, Kecamatan Gantarang, Kabupaten Bulukumba, Sulawesi Selatan dari Juli 2021 hingga Januari 2022. Lokasi percobaan berada pada ketinggian sekitar ±150 m dpl dengan suhu rata-rata harian berkisar 26–28 °C dan kelembapan relatif 80–90%. Curah hujan tahunan di lokasi percobaan mencapai sekitar 2.500–3.000 mm/tahun, dengan distribusi hujan pada waktu percobaan tercatat sekitar 200–400 mm/bulan.

2.2 Metode Penelitian

Jenis tanaman yang digunakan pada penelitian adalah klon MCC02 berumur 2 tahun dengan sistem pertanaman monokultur. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Perlakuan terdiri dari konsentrasi paclobutrazol pada 5 taraf: P0: 0 mL.L⁻¹ (kontrol), P1: 5 mL.L⁻¹, P2: 10 mL.L⁻¹, P3: 15 mL.L⁻¹, dan P4: 20 mL.L⁻¹. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 15 unit percobaan dan setiap unit percobaan terdiri atas tiga tanaman sehingga menghasilkan total 45 tanaman.

2.2. Aplikasi *Paclobutrazol*

Jumlah total larutan paclobutrazol yang digunakan ditetapkan sebanyak 300 mL. Larutan paclobutrazol kemudian diambil sesuai dengan konsentrasi masing-masing perlakuan, lalu dilarutkan ke dalam air hingga mencapai volume 1.000 mL menggunakan gelas ukur, dan dikocok agar tercampur secara homogen. Aplikasi paclobutrazol dilakukan pada pagi hari dengan frekuensi dua kali, yaitu pertama saat tunas muda hampir muncul (*flush*), dan kedua saat tiga bulan setelah aplikasi pertama. Penyemprotan paclobutrazol dilakukan melalui daun dengan volume 1 liter per pohon, menggunakan *knapsack sprayer*.

2.4 Parameter Pengamatan

Pengamatan dalam penelitian ini meliputi jumlah tunas (*flush*), jumlah buah muda, jumlah buah panen, berat kering 100 biji, jumlah layu pentil, dan produktivitas. Pengamatan dilakukan setiap dua minggu selama 10 kali setelah aplikasi perlakuan paclobutrazol pertama. Sementara itu, pengamatan pada buah yang siap panen dilakukan sekali seminggu secara bertahap setelah perlakuan paclobutrazol pertama. Produktivitas dihitung menggunakan rumus (1).

$$\text{Produktivitas} = \text{jumlah buah panen} \times \text{jumlah biji per buah} \times \text{bobot kering per biji} \times \frac{10000 \text{ m}^2}{\text{jarak tanam}} \quad (1)$$

2.5 Analisis Data

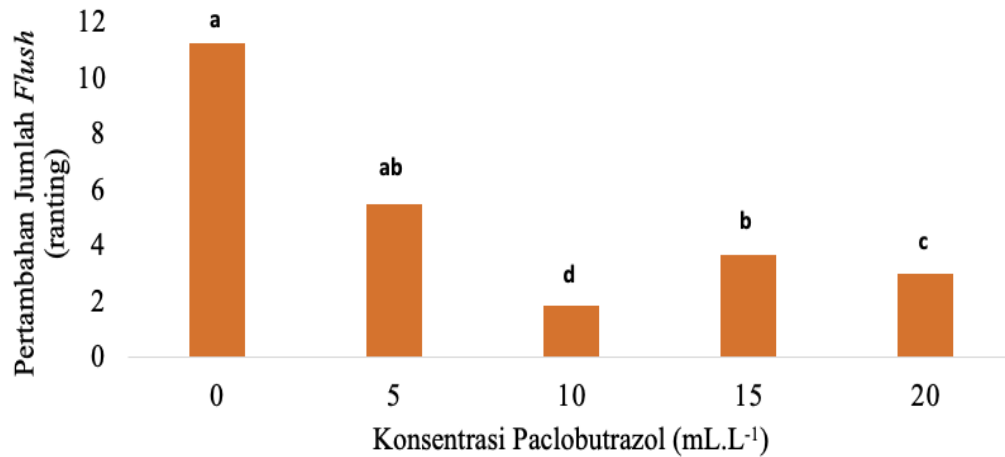
Data dianalisis dalam bentuk *varians* (ANOVA). Jika ada efek yang signifikan, akan dilanjutkan dengan uji lebih lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) $\alpha 0.05$.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan ANOVA, ditemukan bahwa terdapat konsentrasi signifikan dari perlakuan paclobutrazol pada penambahan jumlah *flush*, jumlah buah muda yang terbentuk, persentase layu pentil, berat kering 100 biji, dan produktivitas kakao.

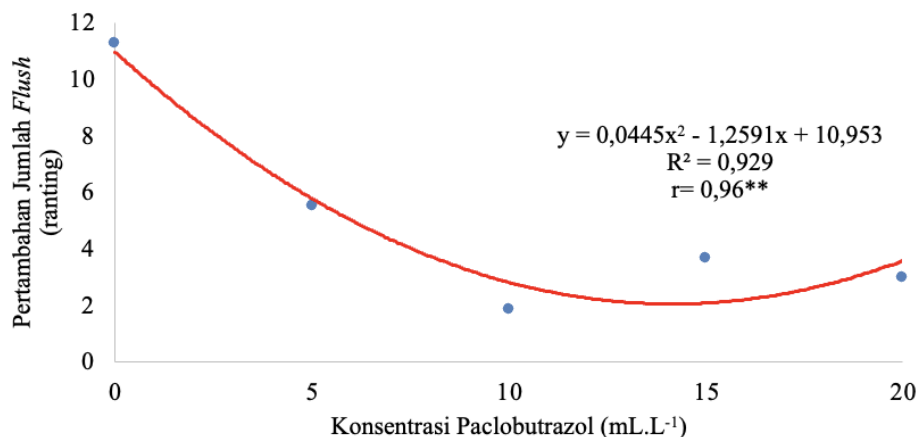
Konsentrasi paclobutrazol 10 mL.L⁻¹ secara signifikan dapat mengurangi jumlah *flush* yang muncul pada tanaman kakao dibandingkan dengan tanaman kontrol ([Gambar 1](#)). Pembentukan *flush* yang terhambat disebabkan oleh penghambatan biosintesis giberelin pada tanaman. Hormon giberelin berperan dalam merangsang pembelahan sel ([Sinay, 2018](#)). Hal ini menunjukkan bahwa

paclobutrazol menghambat pembentukan giberelin, sehingga memengaruhi pembentukan *flush* pada tanaman. Penelitian oleh Darmawan (2014) juga menunjukkan bahwa aplikasi paclobutrazol mengurangi jumlah tunas vegetatif per cabang dibandingkan dengan perlakuan tanpa paclobutrazol.



Keterangan: Angka-angka dengan huruf yang sama dalam diagram (a,b,c,d) tidak berbeda secara statistik dalam uji DMRT α 0,05.

Gambar 1. Efek konsentrasi paclobutrazol terhadap pertambahan jumlah *flush*.



Gambar 2. Analisis orthogonal polynomial terhadap pertambahan jumlah *flush* pada berbagai konsentrasi paclobutrazol

Berdasarkan persamaan yang diperoleh $y = 0,0445x^2 - 1,2591x + 10,953$, dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,929$ dan koefisien korelasi $r = 0,96^{**}$ (Gambar 2), aplikasi paclobutrazol dalam rentang $12,70 \text{ mL.L}^{-1}$ hingga $17,91 \text{ mL.L}^{-1}$ dianggap paling efektif dalam menghambat pembelahan sel, perpanjangan sel, dan diferensiasi sel sehingga menekan pertumbuhan *flush*. Namun, jika konsentrasi meningkat melebihi rentang optimal, pertumbuhan tunas akan diinduksi kembali. Pada tanaman kakao, pertumbuhan tunas yang signifikan akan berdampak negatif pada pembentukan buah pada fase generatif. Ini karena adanya persaingan untuk mendapatkan nutrisi antara tunas dan buah. Sitohang *et al.* (2021) juga menyatakan bahwa tunas adalah pesaing terkuat

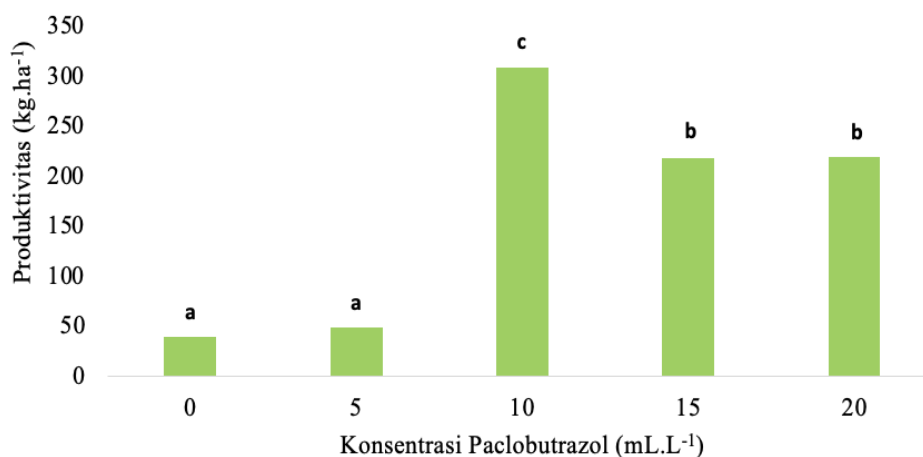
baik untuk kuncup bunga maupun buah muda dalam memanfaatkan nutrisi dan asimilasi untuk tujuan fotosintesis.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi paclobutrazol pada jumlah buah muda yang terbentuk, persentase layu pentil, jumlah buah panen dan berat kering 100 biji

Konsentrasi Paclobutrazol	Jumlah Buah Muda (buah)	Persentase Layu Pentil (%)	Jumlah Buah Panen (Buah)	Berat Kering 100 Biji (g)
0 mL.L ⁻¹	9,33 ^a	89,10 ^c	5,45 ^a	125,60 ^a
5 mL.L ⁻¹	14,67 ^{ab}	93,04 ^d	5,57 ^a	135,77 ^b
10 mL.L ⁻¹	36,00 ^d	70,88 ^a	7,45 ^c	155,70 ^c
15 mL.L ⁻¹	17,00 ^b	78,40 ^b	6,33 ^c	155,07 ^c
20 mL.L ⁻¹	23,33 ^c	83,83 ^{bc}	6,42 ^b	153,00 ^c

Keterangan: Angka-angka dengan huruf yang sama pada kolom (a, b, c, d) tidak berbeda secara statistik dalam uji DMRT α 0,05.

Berdasarkan hasil pada [Tabel 1](#), dapat dilihat bahwa penerapan paclobutrazol pada konsentrasi 10 mL.L⁻¹ menghasilkan jumlah buah muda terbanyak dan dapat mengurangi persentase layu pentil hingga 70,88%. Fenomena ini menunjukkan bahwa paclobutrazol pada konsentrasi tersebut mampu memperbaiki transisi bunga menjadi buah dan meningkatkan retensi pentil pada fase kritis awal perkembangan buah. Hal ini juga didukung oleh adanya redistribusi fotoasimilat ke sink reproduktif yang diinduksi oleh penghambatan biosintesis giberelin yang mendukung retensi pentil. Pernyataan ini didukung oleh penelitian [Kumar et al. \(2023\)](#), yang menyatakan bahwa paclobutrazol merupakan regulator tumbuh golongan triazol dengan mekanisme utama menghambat biosintesis giberelin. Hambatan giberelin ini menyebabkan terjadinya redistribusi asimilat yang memungkinkan terjadinya peningkatan *sink strength* organ reproduktif sehingga pentil yang terbentuk mempunyai cadangan karbohidrat yang lebih memadai untuk melanjutkan perkembangan dan menghindari kelayuan.

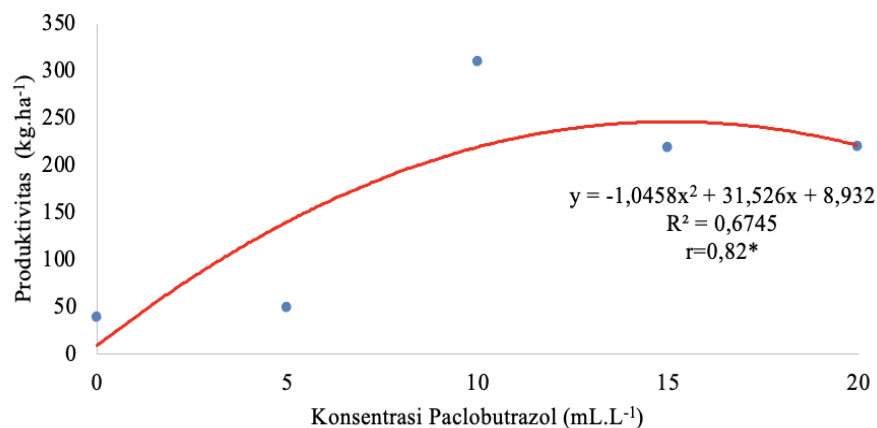


Keterangan: Angka-angka dengan huruf yang sama dalam diagram (a,b,c) tidak berbeda secara statistik dalam uji DMRT α 0,05.

Gambar 3. Efek konsentrasi paclobutrazol terhadap produktivitas kakao

Efek dari pengurangan persentase layu pentil tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan hasil panen buah dan menghasilkan berat 100 biji yang lebih tinggi. Penelitian oleh Ibrahim (2014) menunjukkan bahwa paclobutrazol dapat meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman *Freesia* sp. Peningkatan kandungan klorofil menunjukkan peningkatan laju fotosintesis, yang memengaruhi pembentukan asimilasi yang dapat digunakan tanaman kakao untuk pertumbuhannya, termasuk mendukung pembentukan dan perkembangan buah kakao. Selain itu, Brestic *et al.* (2018) juga menunjukkan bahwa peningkatan fotosintesis pada daun meningkatkan produksi biomassa dan hasil biji pada tanaman.

Peningkatan berat 100 biji memengaruhi produktivitas tanaman yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, paclobutrazol tidak hanya meningkatkan jumlah pentil yang terbentuk tetapi juga menekan persentase layu pentil sehingga menyebabkan produktivitas yang dihasilkan menjadi lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol (Gambar 3). Kondisi ini menunjukkan bahwa paclobutrazol menyeimbangkan kebutuhan fitohormon, seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, di dalam nodus buah. Nasaruddin *et al.* (2019), menyatakan bahwa pengatur tumbuh, tidak seperti nutrisi. Dalam jumlah kecil dapat mendukung, menghambat, dan memengaruhi proses fisiologis tanaman. Pada fase ini, penggunaan langsung paclobutrazol dapat meningkatkan kualitas buah dan biji yang dapat dipanen.



Gambar 4. Analisis orthogonal polynomial terhadap produktivitas kakao pada berbagai konsentrasi paclobutrazol

Gambar 4 menunjukkan bahwa paclobutrazol memiliki korelasi kuadratik negatif yang signifikan dengan produksi biji kering per hektar selama pengamatan dari 2 hingga 20 minggu setelah aplikasi pertama. Persamaannya adalah $y = -1,0458x^2 + 31,526x + 8,932$ dengan koefisien determinasi $R^2 = 0,6745$ dan koefisien korelasi $r = 0,82^*$. Persamaan tersebut di-diferensialkan menjadi $2,0916x = 31,526$, menghasilkan konsentrasi paclobutrazol sebesar $15,07 \text{ mL.L}^{-1}$ yang mencapai produksi biji kering maksimum per hektar sebesar 246,54 kg.

Jumlah buah panen yang lebih banyak berkorelasi dengan berat kering 100 biji yang lebih tinggi dalam perlakuan paclobutrazol menunjukkan bahwa proses pengisian melalui fotosintesis adalah optimal, sehingga secara tidak langsung meningkatkan produksi biji kering per hektar. Penelitian oleh [Tandel and Patel \(2011\)](#) juga menunjukkan bahwa hasil buah mangga yang dapat dipanen per satuan luas lahan dapat meningkat secara signifikan akibat adanya aplikasi paclobutrazol secara foliar. Temuan ini konsisten dengan pernyataan [Sherif and Asaad \(2014\)](#) bahwa paclobutrazol mengurangi pertumbuhan vegetatif dan secara signifikan meningkatkan hasil, sehingga memengaruhi kualitas buah.

4. Kesimpulan

Aplikasi paclobutrazol pada konsentrasi 10 mL.L⁻¹ optimal dalam menekan pertumbuhan vegetatif, seperti *flush* dan persentase layu pentil pada tanaman kakao, serta meningkatkan pertumbuhan generatif, seperti jumlah buah panen dan bobot kering 100 biji.

Singkatan yang Digunakan

Tidak ada singkatan yang digunakan.

Pernyataan Ketersediaan Data

Data akan tersedia berdasarkan permintaan.

Kontribusi Para Penulis

Reynaldi Laurenze: Penyusun metodologi penelitian, investigasi di lapangan, pengolahan data, penulisan draf awal. **Nasaruddin:** Pemantauan di lapangan. **Reski Anugraeni Rahman:** Pengambilan sampel, pengambilan data.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Para penulis naskah ini menyatakan bahwa mereka tidak memiliki konflik atau kepentingan yang bersaing.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami haturkan sebesar-besarnya kepada pemilik lahan yang digunakan sebagai lokasi percobaan (Pak Uci sekeluarga) dan teman-teman seperjuangan yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- Ashraf, N., & Ashraf, M. (2020). Response of Growth Inhibitor Paclobutrazol in Fruit Crops. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.92883>
- Brestic, M., Zivcak, M., Hauptvogel, P., Misheva, S., Kocheva, K., Yang, X., ..., & Allakhverdiev, S. I. (2018). Wheat Plant Selection for High Yields Entailed Improvement Anatomical and Biochemical Traits Including Tolerance to Non-optimal Temperature Conditions. *Photosynthesis Research*, 136(2), 246–255. <https://doi.org/10.1007/s11120-018-0486-z>

- Darmawan, M. (2014). *Induksi Pembungaan di Luar Musim pada Tanaman Jeruk Keprok (Citrus reticulata)* (Master's thesis). Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/2602/55a00e355dd178d668f08d4f6ae75ddd5868.pdf>
- Desta, B., & Amare, G. (2021). Paclobutrazol as a Plant Growth Regulator. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00199-z>
- Dewi HS, E. S., Yudono, P., Putra, E. T. S., & Purwanto, B. H. (2020). Physiological, Biochemical Activities of Cherelle Wilt on Three Cocoa Clones (*Theobroma cacao*) Under Two Levels of Soil Fertilities. *Biodiversitas*, 21, 187-194. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210124>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Statistik perkebunan Indonesia, outlook tanaman kakao 2019*. Retrieved from <https://ditjenbun.pertanian.go.id/template/uploads/2021/04/BUKU-STATISTIK-PERKEBUNAN-2019-2021-OK.pdf>
- Ibrahim, M. M. (2014). Influence of Corms Size and Spraying with Benzyladenine and Paclobutrazol on Growth and Flowering Characteristics of *Freesia* sp. L. *Plants. The Swedish Journal of Scientific Research*, 1(6), 1-10. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3127.1526>
- Kamran, M., Wennan, S., Ahmad, I., Xiangping, M., Wenwen, C., Xudong, Z., ..., & Tiening, L. (2018). Application of Paclobutrazol Affect Maize Grain Yield by Regulating Root Morphological and Physiological Characteristics Under a Semi-Arid Region. *Scientific Reports*, 8, 1-5. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23166-z>
- Kasran, R. (1994). Effect of Paclobutrazol on Growth and Yield of Cocoa High Density Plantings. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 22, 35-41. https://www.researchgate.net/profile/Kasran-Rosmin/publication/283344498_Effect_of_paclobutrazol_on_growth_and_yield_of_cocoa_high_density_plantings/links/5634df2408ae75884113a9de/Effect-of-paclobutrazol-on-growth-and-yield-of-cocoa-high-density-plantings.pdf
- Kementerian Pertanian. (2022). *Outlook Komoditas Perkebunan Kakao 2022*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal-Kementerian Pertanian. Jakarta, Indonesia. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/OUTLOOK_KAKAO_2022.pdf
- Kumari, S., Bakshi, P., Sharma, A., Wali, V.K., Jasrotia, A., & Kour, S. (2018). Use of Plant Growth Regulators for Improving Fruit Production in Sub Tropical Crops. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(3), 659-668. <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.703.077>
- Kumar, A., Ram, S., Bist, L. D., & Singh, C. P. (2021). *Paclobutrazol Boost Up for Fruit Production: A Review*. 25(6), 963-980. <https://www.annalsofrscb.ro/index.php/journal/article/view/5582>
- Kumar, A., Bhuj, B.D., & Shri, D. (2023). Chemistry of Paclobutrazol (PBZ) and its Function in Agriculture: A Review. *Advances in Crop Science and Technology*, 11(5). <https://www.omicsonline.org/open-access-pdfs/chemistry-of-paclobutrazol-pbz-and-its-function-in-agriculture-a-review.pdf>
- Nasaruddin, Tahir, N., & Ridwan, I. (2019). *Fisiologi tumbuhan: Fitokhrom dan hormon pertumbuhan*. Makassar, Indonesia: Ficus Press.
- Oktaviani, W. (2008). *Peningkatan Produksi Buah Kakao (Theobroma cacao L.) melalui Pemberian Zat Pengatur Tumbuh Paclobutrazol pada berbagai Konsentrasi* (Bachelor's thesis). Retrieved from <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/2991>
- Oyekale, A. S. (2022). Determinants of Cocoa Farmers Compliance with Agrochemical Safety Precautions in Ogun and Osun States, Nigeria. *Toxics*, 10(8), 454. <https://doi.org/10.3390/toxics10080454>
- Putro, S. A. C., Yusalina, Winandi, R. (2016). Factors Affecting Export of Indonesia Cocoa Beans to Malaysia. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, 20(1), 90-101. <https://doi.org/10.17358/jma.20.1.90>

- Rahman, M. N. H. A., Shaharuddin, N. A., Wahab, N. A., Wahab, P. E. M., Abdullah, M. O., Abdullah, N. A. P., Parveez, G. K. A., Roberts, J. A., & Ramli, Z. (2016). Impact of Paclobutrazol on The Growth and Development of Nursery Grown Clonal Oil Palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Journal of Oil Palm Research*, 28(4), 404-414. <https://doi.org/10.21894/jopr.2016.2804.02>.
- Sherif, H. M., & Asaad, S. A. (2014). Effect of Some Plant Growth Retardants on Vegetative Growth, Spurs and Fruiting of 'Le-Cnte' Pear Tress. *British Journal of Applied Science & Technology*, 4(26), 3785-3804. <https://doi.org/10.9734/BJAST/2014/10479>
- Sitohang, N., Harahap, E. M., Hanum, C., Siregar, T. H.S., & Hasril, S. (2021). Responses such as Flushing, Flowering, Pod Reserving, and Yield of TSH 858 Clone Cacao (*Theobroma cacao* L.) to an Increase in Dose of Balanced N.P.K.Ca.Mg 12.9:11.4:16.8:10.6:4.8 Fertilizing. *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*, 48(2), 165-174. <https://jonuns.com/index.php/journal/article/view/522>
- Sinay, H. (2018). Pengaruh Giberelin dan Temperatur terhadap Pertumbuhan Semai Gandaria (*Bouea macrophylla* Griffth.). *Bioscientiae*, 8(1). <https://doi.org/10.20527/b.v8i1.186>
- Tandel, Y. N., & Patel, N. L. (2011). Effect of Chemicals on Growth, Yield and Economics of Mango (*Mangifera indica* L.). *Karnataka Agric. Sci.*, 24(3), 362-365. <http://14.139.155.167/test5/index.php/kjas/article/viewFile/5268/5493>
- Vliet, J. A., & Giller, K. E. (2017). Chapter Five - Mineral Nutrition of Cocoa: A Review. *Advances in Agronomy*, 141, 185-270. <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2016.10.017>
- Xia, X., Tang, Y., Wei, M., & Zhao, D. (2018). Effect of Paclobutrazol Application on Plant Photosynthetic Performance and Leaf Greenness of Herbaceous Peony. *Horticulturae*, 4(1), 5. <https://doi.org/10.3390/horticulturae4010005>