

The Influence of Gibberellin-Rich Phytohormones in Monkey Fern (*Cibotium barometz*) Extract on Mitigating Cherelle Wilt in Cocoa Plants

Branmanda Fardhaza Saputra¹, Muhammad Tri Anggara¹, Rizkyza Prinandra¹, Yovi Avianto^{1*}

¹Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, Departemen Agroteknologi, Sleman, Indonesia;

Article History

Received : Januari 31th, 2025

Revised : February 23th, 2025

Accepted : March 04th, 2025

*Corresponding Author: **Yovi Avianto**, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta, Departemen Agroteknologi, Sleman, Indonesia;
Email: yovi@instiperjogja.ac.id

Abstract: Cocoa is one of Indonesia's main export commodities, but its production has declined due to cherelle wilt disease and environmental stress. Gibberellin hormones have been proven effective in preventing cherelle wilt, but their use is limited by high costs. Extracts from monkey fern leaves offer an economical alternative as a natural source of gibberellin. This study aims to examine the effect of monkey fern extract on the development of cocoa cherelles. The research was conducted from January 2024 to January 2025 on smallholder cocoa farms managed by the Hargomulyo farmer group in Gunungkidul. The treatments compared were foliar spraying of monkey fern extract and a control group. The results showed that the application of monkey fern extract increased the number of healthy cherelles compared to the control. Although total chlorophyll content showed no significant difference, low chlorophyll fluorescence values indicated that the plants experienced heat stress. This condition can disrupt photosynthetic efficiency, but the extract still enhanced carbohydrate accumulation in the seeds. Meanwhile, sucrose, reducing sugar, lipid, and protein contents showed no significant changes.

Keywords: Cherelle wilt, cocoa, flowering, phytohormone, pteridophyte.

Pendahuluan

Kakao salah satu komoditas ekspor utama Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi. Komoditas ini berperan penting dalam perekonomian negara (Fahmid et al., 2018). Kakao diekspor dalam bentuk biji mentah, pasta kakao, mentega kakao, dan bubuk kakao. Biji kakao mentah menjadi bahan utama untuk pengolahan di negara pengimpor. Dari biji kakao, dapat dihasilkan cokelat batangan, cokelat bubuk, minuman cokelat, dan berbagai produk olahan lainnya. Mentega kakao dimanfaatkan dalam industri makanan, kosmetik, dan farmasi. Produk seperti cokelat couverture dan cokelat compound digunakan dalam pembuatan kue dan permen (Achaw & Danso-Boateng, 2021).

Indonesia memiliki potensi besar untuk menjadi pengeksportir biji kakao terbaik secara global. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), terdapat lima negara menjadi tujuan

ekspor biji kakao yaitu India, Amerika, Malaysia, China, dan Australia. Meskipun Indonesia menjadi negara eksportir kakao, jumlah produksi selalu mengalami fluktuasi selama tahun 2018-2022. Pada tahun 2018, produksi mencapai 767.280 ton dan 2022 hanya mencapai 650.612 ton.

Salah satu penyebab penurunan produksi kakao adalah serangan penyakit fisiologis. Penyakit ini dikenal sebagai layu buah muda atau *cherelle wilt* (Avianto, 2025). Penyakit ini menyerang buah kakao yang masih muda dan berdampak pada rendahnya tingkat perkembangan buah, dengan hanya sekitar 5% dari total buah yang terbentuk mampu bertahan dan berkembang menjadi buah yang siap dipanen (Hasanuddin et al., 2019). Kondisi ini semakin diperparah pada perkebunan kakao rakyat yang merupakan mayoritas penghasil kakao di Indonesia (Hoffmann et al., 2020). Perkebunan rakyat sering menghadapi keterbatasan sumber daya untuk mengatasi

masalah layu pentil. Minimnya akses terhadap teknologi, pendanaan, dan pengetahuan teknis membuat petani sulit menerapkan strategi pengendalian yang efektif.

Layu pentil pada kakao atau *cherelle wilt* terjadi karena ketidakseimbangan hormon yang berperan dalam pertumbuhan buah. Hormon auksin dan giberelin memainkan peran penting dalam perkembangan buah muda (Bermejo *et al.*, 2018). Auksin membantu dalam pembelahan dan perpanjangan sel, sedangkan giberelin berperan dalam pembesaran dan pembentukan buah. Ketika kadar kedua hormon ini menurun, perkembangan buah muda terhambat dan menyebabkan layu (Rimpika *et al.*, 2023). Faktor lingkungan dapat memperburuk kondisi hormon di dalam tanaman (Avianto & Saputra, 2024). Stres akibat faktor lingkungan dapat mengurangi efektivitas hormon dalam mendukung pertumbuhan buah. Selain itu, persaingan antarbuah yang terlalu banyak di pohon menghambat aliran nutrisi ke buah muda (Falchi *et al.*, 2020). Kesuburan tanah yang rendah serta serangan hama dan penyakit semakin meningkatkan stres fisiologis pada tanaman (Herlina *et al.*, 2024; Li *et al.*, 2015).

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi tantangan ini, salah satunya adalah dengan aplikasi hormon pengatur pembungaan (ZPT), khususnya giberelin. Giberelin dikenal mampu merangsang pembungaan buah, mencegah gugurnya buah muda, serta meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil panen (Khajehyar *et al.*, 2015). Namun, penggunaan giberelin sintetik seringkali terkendala oleh biaya yang tinggi, serta ketersediaan yang terbatas di kalangan Perkebunan rakyat. Tanaman pakis-pakistan merupakan salah satu alternatif alami yang berpotensi sebagai sumber giberelin. Salah satu jenisnya yang memiliki potensi tinggi adalah pakis monyet (*Cibotium barometz*) (Jang *et al.*, 2021; Pinson *et al.*, 2017).

Sporofit di daun pakis monyet dapat diekstrak dan dimanfaatkan sebagai zat pengatur tumbuh (ZPT) alami (Wyder *et al.*, 2020). Kandungan giberelin dalam ekstrak daun pakis ini dapat disemprotkan pada bunga dan daun tanaman kakao untuk merangsang pembungaan dan mencegah layu pentil. Penggunaan pakis monyet sebagai

sumber giberelin alami merupakan solusi yang lebih ekonomis, mudah ditemukan, dan dapat diterapkan oleh masyarakat setempat dalam rangka meningkatkan produktivitas kakao secara berkelanjutan.

Giberelin memiliki peran penting dalam mencegah gugurnya buah muda dengan cara merangsang pertumbuhan sel-sel pada jaringan penghubung antara buah dan tangkai, sehingga ikatan antara keduanya menjadi lebih kuat. Giberelin membantu mobilisasi nutrisi ke buah sehingga buah tumbuh lebih baik dan lebih kuat. Penelitian sebelumnya oleh Wahyudi *et al.*, (2023), mengungkapkan bahwa hormon giberelin berperan penting dalam perkembangan buah kakao. Aplikasi GA pada buah muda kakao meningkatkan daya ambil buah sehingga meningkatkan alokasi fotosintat ke dalam buah muda (Astuti *et al.*, 2011).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, masih terdapat gap empiris mengenai pengaruh giberelin terhadap perkembangan layu pentil kakao. Terlebih lagi belum ada penelitian yang menunjukkan bagaimana kandungan giberelin alami seperti di dalam daun pakis bisa mempengaruhi perkembangan pentil kakao. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh giberelin alami dari ekstrak pakis monyet terhadap perkembangan pentil di tanaman kakao.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan selama 1 tahun dari Januari 2024 sampai Januari 2025 di Perkebunan kakao rakyat kelompok tani Hargomulyo, Desa Nglanggeran, Kecamatan Patuk, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia (-7,8583661° LS, dan 110, 5093722° BT). Jenis tanah pada lokasi penelitian adalah alfisol dengan penciri terdapat penimbunan lempung di horison bawah (terdapat horison argilik) dan mempunyai kejenuhan basa tinggi yaitu lebih dari 35% pada kedalaman 180 cm dari permukaan tanah.

Desain penelitian

Pohon kakao yang digunakan dalam penelitian ini berumur 23 tahun dengan klon MCC 02. Penelitian dirancang dengan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap

dengan 3 blok ulangan dan 2 aras perlakuan (penyemprotan ekstrak dan kontrol). Pemilihan blok ulangan didasarkan pada tingkat intensitas cahaya matahari yang sampai ke tajuk tanaman kakao. Setiap blok penelitian memiliki plot perlakuan berukuran 50 m², terdiri dari 5 × 6 baris tanaman kakao dengan jarak tanam 2,5 m × 2 m. Setiap plot menampung 30 populasi pohon.

Jumlah total populasi pohon kakao dalam penelitian ini adalah 60 pohon. Jumlah pohon kakao pada baris terluar yang berfungsi sebagai baris tepi adalah 18 pohon. Sementara itu, 12 pohon di bagian tengah plot dijadikan sampel dan diberikan perlakuan. Dalam penelitian ini, terdapat total 24 sampel pohon kakao. Masing-masing sampel pohon kakao dipasang dengan paranet di bagian bawahnya untuk menampung bunga dan pentil yang gugur seperti Gambar 1. Variabel yang diamati dalam penelitian ini antara lain: iklim mikro (suhu dan kelembaban udara), total bunga, jumlah bunga gugur, persentase bunga gugur, jumlah pentil layu, jumlah pentil sehat, persentase layu pentil, klorofil total, fluoresensi klorofil, dan proksimat biji (sukrosa, gula pereduksi, karbohidrat, lemak, protein)



Gambar 1. Pengaplikasian ekstrak pakis monyet ke tanaman kakao

Ekstraksi Daun Pakis Monyet

Berat kering yang digunakan dalam ekstraksi adalah 2 kg. Jumlah rakis yang digunakan adalah 3 batang dengan kondisi daun yang masih segar. Setiap helai daun dipisahkan dengan rakis, yang selanjutnya adalah dikering anginkan pada suhu ruangan. Daun yang sudah kering kemudian dipisahkan dari tulang daun, dan dihaluskan mencapai ukuran 40 mesh. Serbuk hasil penghalusan dimasukkan pada botol maserasi. Pelarut yang digunakan dalam

penelitian sebagai ekstrak senyawa giberellin adalah ethanol dengan kadar 96%.

Waktu ekstraksi daun pakis monyet untuk mengeluarkan senyawa gibrellin adalah 24 jam, dimulai sejak pencampuran bahan dan cairan pelarut. Selama ekstraksi berlangsung proses dan hasil teraueh pada tempat dengan intensitas cahaya yang rendah, dengan tujuan untuk, mengurangi degradasi senyawa aktif, dan juga mengoptimalkan ekstraksi. Hasil ekstraksi selama 24 jam selanjutnya dilakukan pemisahan antara cairan ekstraksi dengan bahan padatan yang mengendap menggunakan kertas filtrasi. Kertas filter yang digunakan dalam proses filtrasi adalah kertas whatman papper nomor 41 dengan kerapatan pori 20 µm. Metode selanjutnya setelah didapatkan cairan hasil filtrasi adalah evaporasi dengan *rotary evaporator*. Hasil maserasi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Ekstrak daun pakis monyet

Perawatan Tanaman dan Aplikasi Ekstrak Pakis Monyet

Perlakuan pemupukan rutin diterapkan pada tanaman di setiap blok pada bulan Januari 2024 dan bulan April 2024. Pupuk yang diaplikasikan per tanaman adalah 220 gram urea, 180 gram SP-27, 150 gram KCl, dan 120 gram kieserite sesuai dengan rekomendasi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Pupuk ini diaplikasikan dengan cara ditaburkan pada lingkaran tajuk tanaman kakao. Pembersihan gulma dan pemangkasan cabang tidak produktif dilakukan sebelum dilakukan pemupukan.

Penyemprotan ekstrak pakis monyet dilakukan pada bulan Januari 2024 setelah pemupukan dilakukan. Penyemprotan dilakukan dengan dosis 10 mL/L. Tahap selanjutnya adalah pencampuran tersebut dengan pengadukan hingga menjadi larutan yang homogen. Pengaplikasian ekstrak dilakukan dengan penyemprotan langsung pada bunga, buah dan daun kakao hingga seluruh bagian bunga dan

buah basah merata oleh larutan. Sementara itu, perlakuan kontrol (tanpa pengaplikasian ekstrak pakis monyet) juga diberikan kepada tanaman tuga sampel lain dalam blok ulangan yang sama.

Pengamatan Cuaca, Bunga dan Pentil Gugur

Data cuaca berupa suhu udara, dan kelembaban udara selama periode penelitian didapatkan dari stasiun pengukuran cuaca milik Balai Penyuluhan Pertanian Kecamatan Patuk, Gunungkidul. Pengamatan bunga rontok dilakukan dengan menghitung jumlah bunga yang rontok setelah aplikasi dengan interval waktu setiap bulan. Jumlah bunga yang rontok di atas paranet dihitung dan kemudian digunakan untuk penghitungan persentase gugur bunga dan layu pentil dengan rumus berikut

$$BG (\%) = \frac{JBG}{TB} \times 100$$

BG : Persentase bunga gugur
JBG : Jumlah bunga gugur
TB : Total bunga

$$LP (\%) = \frac{JPL}{JPT} \times 100$$

LP : Persentase layu pentil
JPL : Jumlah pentil layu
JPT : Jumlah pentil terbentuk

Pentil yang terbentuk menjadi polong dipanen saat masuk umur siap panen. Polong dan biji kemudian ditimbang untuk menghitung produksi per pohon. Data produksi kemudian dikomversikan ke produktivitas per ha. Biji dikeringkan dan digunakan untuk pengambilan data proksimat.

Aktivitas Fisiologis Kakao

Data fisiologis tanaman yang diamari adalah klorofil, fluoresensi klorofil dan laju fotosintesis tanaman pada bulan Mei 2024. Untuk mengamati laju fotosintesis, daun ditutup dengan plastik bening mulai pukul 05.00 pagi hingga 18.00 sore. Plastik harus rapat dan kedap udara agar tidak terjadi pertukaran gas. Pada akhir waktu pengamatan, udara dalam plastik diambil menggunakan syringe sebanyak 10 mL, lalu disuntikkan ke dalam tabung vakum. Setelah

itu, daun kakao ditimbang bobot segarnya. Gas yang telah dikumpulkan direaksikan dengan larutan yang mengandung 0,1 g bromtimol biru dan 2 g natrium bikarbonat per liter air. Udara kemudian dialirkan melalui larutan natrium bikarbonat yang telah diberi indikator pH bromtimol biru. Analisis larutan dilakukan menggunakan spektrofotometer Spektrotronik 20 dengan panjang gelombang 615 nm. Konsentrasi CO₂ dihitung berdasarkan kurva kalibrasi dan dinyatakan dalam persen transmisi.

Selain itu, efisiensi fotosintesis atau fluoresensi klorofil juga diamati. Pengukuran fluoresensi klorofil dilakukan menggunakan fluorometer OS-30p (Opti Sciences) pada tanaman yang sama dengan yang digunakan untuk pengukuran total CO₂. Pengamatan dilakukan pada pukul 07.00 dengan cara menutup daun menggunakan plastik gelap selama 20 menit sebelum pengukuran. Setelah periode gelap tersebut, fluoresensi diukur secara langsung dengan intensitas cahaya sebesar 6000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ selama 2 detik.

Proksimat Biji Kakao

Biji kakao kering dan bersih ditimbang (minimal 500 gram) dan dihaluskan hingga diperoleh bubuk halus (minimal 200 gram). Bubuk kakao sebanyak 20 gram ditimbang dan dibagi menjadi 5 gram masing-masing untuk analisis kadar abu, sukrosa, gula pereduksi, dan lemak. Untuk analisis kadar air, sebanyak 5 gram bubuk ditimbang dan dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C hingga berat konstan. Kadar air dihitung berdasarkan perbedaan berat sebelum dan sesudah pengeringan. Sementara itu analisis kadar abu dilakukan dengan tahapan bubuk kakao kering 5 gram ditimbang dan dibakar dalam tanur pada suhu 550°C hingga abu berwarna putih. Kadar abu dihitung berdasarkan berat abu yang tersisa.

Lemak dari bubuk kakao (5 gram) diekstraksi menggunakan metode Soxhlet dengan pelarut petroleum eter. Ekstrak lemak diuapkan hingga pelarut hilang dan berat lemak yang diekstrak ditentukan. Kadar protein ditentukan menggunakan metode Kjeldahl dengan sampel bubuk kakao (1-2 gram). Nitrogen total dalam sampel dikonversi menjadi protein dengan faktor konversi yang sesuai. Kadar karbohidrat total dihitung dengan metode "by difference", yaitu dengan

mengurangkan total kadar air, abu, lemak, dan protein dari 100%. Sukrosa dan gula pereduksi diekstraksi dari bubuk kakao (5-10 gram) menggunakan pelarut yang sesuai. Kadar sukrosa dan gula pereduksi dianalisis menggunakan metode kromatografi atau spektrofotometri.

Analisis Data

Data yang telah didapatkan dianalisis dengan menggunakan analisis *independent t-test*. Uji F dilakukan untuk mengetahui homogenitas varians antar kedua perlakuan. Analisis data dilakukan dengan perangkat lunak *R-software* versi 4.4.2.

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Iklim Mikro dan Fisiologis Kakao

Tabel 1 menunjukkan rerata suhu udara dan kelembaban udara bulanan di Lokasi penelitian. Berdasarkan Tabel 1, suhu udara melebihi batas maksimal suhu udara toleransi menurut Puslitkoka. Sementara itu, kelembaban udara masih masuk ke dalam batas toleransi yaitu di bawah 80 %. Kondisi iklim berikut dapat menyebabkan kemampuan fisiologis tanaman kakao terganggu, terutama fotosintesis (Hebbar et al., 2020). Dalam melakukan proses fotosintesis, suhu udara akan mengganggu kerja enzim termasuk rubisco (Hermida-Carrera et al., 2016).

Tabel 1. Rerata Suhu dan Kelembaban Udara Bulanan selama Tahun 2024

Bulan	Suhu Udara (°C)	Kelembaban (%)
Januari	32,7	70,9
Februari	31,5	72,4
Maret	34,3	71,5
April	31,8	80,4
Mei	35,3	58,9
Juni	35,8	63,0
Juli	34,7	65,1
Agustus	34,6	64,8
September	34,0	70,0
Oktober	35,1	56,9
November	32,3	72,4
Desember	31,4	75,8
Puslitkoka	30,0	80,0

Perkembangan Bunga dan Pentil Kakao

Perkembangan bunga dan pentil di tanaman kakao dipengaruhi oleh banyak faktor,

termasuk salah satunya adalah hormon atau zat pengatur pertumbuhan. Berdasarkan Tabel 2, aplikasi ekstrak pakis monyet menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap perkembangan pentil kakao. Pada variabel jumlah bunga gugur, persentase bunga gugur, jumlah pentil layu, dan jumlah pentil sehat, terdapat perbedaan nyata antara perlakuan ekstrak pakis dan kontrol (ditandai dengan simbol *). Ekstrak pakis mampu mengurangi jumlah bunga gugur ($924,00 \pm 21,42$) dibandingkan kontrol ($1271,13 \pm 10,08$), yang juga tercermin dalam penurunan persentase bunga gugur. Selain itu, ekstrak pakis meningkatkan jumlah pentil sehat ($142,17 \pm 16,13$) secara signifikan dibandingkan kontrol ($56,00 \pm 4,07$). Sebaliknya, jumlah pentil layu lebih tinggi pada perlakuan ekstrak pakis ($527,56 \pm 43,27$) dibandingkan kontrol, tetapi hal ini tidak memengaruhi persentase layu pentil yang tidak menunjukkan perbedaan signifikan (tn).

Hasil pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan ekstrak pakis monyet yang kaya giberelin memiliki pengaruh besar pada perkembangan bunga dan pentil kakao. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya di tanaman jeruk (Garmendia et al., 2019; Gill et al., 2023) dan tanaman kacang walnut (Hassankhah et al., 2018). Menurut Wahyudi et al. (2023), giberelin adalah hormon tumbuhan yang berperan penting dalam merangsang pertumbuhan, mengurangi gugurnya bunga, serta membantu pembentukan dan perkembangan buah. Pada penelitian ini, giberelin diduga membantu mengurangi jumlah dan persentase bunga gugur, sehingga lebih banyak bunga yang berhasil berkembang menjadi pentil.

Hormon ini juga diketahui dapat meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel, sehingga jumlah pentil sehat pada tanaman yang diberi ekstrak pakis lebih tinggi dibandingkan kontrol (Kurniati et al., 2019). Namun, jumlah pentil layu yang lebih besar pada perlakuan ekstrak pakis kemungkinan disebabkan oleh banyaknya pentil yang berkembang, sehingga menyebabkan persaingan nutrisi di dalam tanaman (Goudsmit et al., 2023). Meski demikian, persentase layu pentil tidak menunjukkan perbedaan signifikan, yang menunjukkan bahwa faktor lain, seperti

lingkungan atau kondisi tanaman, juga turut memengaruhi hasil ini.

Aktivitas Fisiologis Tanaman Kakao

Perkembangan bunga dan pentil adalah hasil dari asimilasi karbohidrat dari fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman kakao. Dalam proses fotosintesis, klorofil diperlukan untuk menangkap energi cahaya dari matahari. Klorofil adalah pigmen utama yang terdapat di dalam kloroplas. Pigmen ini mampu menyerap cahaya, terutama pada panjang gelombang merah dan biru, dan mengubah energi cahaya tersebut menjadi energi kimia yang digunakan oleh tanaman (Simkin et al., 2022). Pada Tabel 3, variabel klorofil total menunjukkan tidak adanya perbedaan nyata antara perlakuan ekstrak pakis monyet ($2,51 \pm 0,16$) dan kontrol ($2,43 \pm 0,15$). Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi ekstrak pakis monyet tidak secara signifikan

memengaruhi jumlah klorofil dalam daun tanaman kakao. Penelitian ini sejalan dengan Basra & Lovatt (2016) yang mengungkapkan bahwa ekstrak kelor yang juga kaya giberelin tidak mempengaruhi pembentukan klorofil di tanaman tomat. Penelitian lain justru menunjukkan hasil klorofil yang beda nyata (penurunan) akibat pemberian ekstrak pakis, yaitu pada tanaman wijen (Jatoba et al., 2016).

Tidak adanya perbedaan nyata ini kemungkinan dikarenakan klorofil pada tanaman lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik dan kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, ketersediaan nitrogen, serta kesehatan tanaman secara keseluruhan. Meskipun ekstrak pakis monyet diduga mengandung senyawa bioaktif seperti hormon giberelin, senyawa tersebut mungkin lebih berperan dalam proses fisiologis lainnya seperti pertumbuhan dan perkembangan bunga (Zang et al., 2016).

Tabel 2. Perkembangan Pentil Kakao setelah Aplikasi Ekstrak Pakis Monyet

Variabel	Ekstrak Pakis	Kontrol	Signifikansi
Total Bunga	1493,54±12,31	1466,12±9,85	tn
Jumlah Bunga Gugur	924,00±21,42	1271,13±10,08	*
Persentase Bunga Gugur (%)	61,89±5,25	86,69±11,87	*
Jumlah Pentil Layu	527,56±43,27	139,00±15,43	*
Jumlah Pentil Sehat	142,17±16,13	56,00±4,07	*
Persentase Layu Pentil (%)	78,77±7,18	71,28±7,21	tn

Tabel 3. Aktivitas Fisiologis dan Kualitas Biji Kakao setelah Aplikasi Ekstrak Pakis Monyet

Variabel	Ekstrak Pakis	Kontrol	Signifikansi
Klorofil Total	2,51±0,16	2,43±0,15	tn
Fluoresensi Klorofil (Fv/Fm)	0,63±0,17	0,59±0,15	tn
Sukrosa (%)	2,62±0,16	2,56±0,19	tn
Gula Pereduksi (%)	0,15±0,04	0,15±0,04	tn
Karbohidrat (%)	7,82±0,37	5,48±0,16	*
Lemak (%)	9,65±1,37	9,26±0,22	tn
Protein (%)	4,47±0,24	3,82±0,57	tn

Data pada Tabel 3, variabel fluoresensi klorofil (Fv/Fm) juga tidak menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan ekstrak pakis monyet ($0,63 \pm 0,17$) dan kontrol ($0,59 \pm 0,15$). Namun, nilai Fv/Fm pada kedua perlakuan berada di bawah kisaran optimal untuk tanaman sehat, yaitu sekitar 0,75–0,85 (Avianto, 2025). Hal ini mengindikasikan bahwa tanaman pada kedua perlakuan mungkin mengalami tekanan lingkungan yaitu suhu udara yang terlalu tinggi seperti yang tertera pada Tabel 1.

Stres akibat suhu tinggi dapat mengganggu aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam reaksi

fotosintesis, khususnya pada sistem fotosintesis II (Avianto & Saputra, 2024). Fluoresensi klorofil merupakan indikator efisiensi PSII. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan atau penurunan efisiensi PSII (Avianto et al., 2024a). Akibatnya, meskipun jumlah klorofil total tetap terjaga, kemampuan klorofil untuk menangkap dan mengonversi energi cahaya menjadi energi kimia terganggu (Li et al., 2020).

Kualitas Biji Kakao

Dampak lanjutan dari aktivitas fisiologis yang terganggu adalah penimbunan asimilat

yang kurang optimal terutama di biji (Tabel 3). Kandungan sukrosa dan gula pereduksi tidak menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan ekstrak pakis dan kontrol. Sukrosa merupakan bentuk utama asimilat yang dihasilkan melalui fotosintesis dan didistribusikan ke organ penyimpanan seperti biji. Hasil pengukuran sukrosa dan gula pereduksi di Tabel 3 menunjukkan bahwa pengangkutan sukrosa ke biji tidak terganggu secara signifikan. Namun, dalam kondisi tekanan lingkungan seperti suhu tinggi, akumulasi gula dalam biji mungkin terhambat karena energi yang tersedia dari fotosintesis lebih banyak digunakan untuk mempertahankan fungsi dasar tanaman (Avianto et al., 2024b). Variabel lemak dan protein juga tidak menunjukkan perbedaan signifikan antara perlakuan ekstrak pakis ($9,65 \pm 1,37\%$) dan kontrol ($9,26 \pm 0,22\%$).

Variabel karbohidrat total, terdapat perbedaan nyata antara perlakuan ekstrak pakis ($7,82 \pm 0,37\%$) dan kontrol ($5,48 \pm 0,16\%$). Kandungan karbohidrat yang lebih tinggi pada perlakuan ekstrak pakis mengindikasikan bahwa ekstrak ini dapat membantu memperbaiki akumulasi karbohidrat dalam kondisi stress suhu tinggi. Hormon giberelin disinyalir dapat membantu meningkatkan efisiensi metabolisme karbohidrat meskipun fotosintesis terganggu (Talaat et al., 2023). Hasil penelitian ini selaras dengan Gilani et al. (2021) yang menemukan bahwa peningkatan kandungan karbohidrat di dalam buah dan biji pir dipengaruhi oleh hormon giberelin eksogen.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa giberelin alami yang terkandung dalam ekstrak pakis monyet berpengaruh signifikan terhadap perkembangan bunga dan pentil kakao, terutama dalam mengurangi jumlah dan persentase bunga gugur serta meningkatkan jumlah pentil sehat. Aplikasi ekstrak pakis monyet juga meningkatkan akumulasi karbohidrat pada biji kakao, meskipun beberapa indikator fisiologis tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hal ini mengindikasikan bahwa giberelin lebih efektif memengaruhi proses fisiologis spesifik seperti pertumbuhan dan perkembangan organ reproduktif daripada aktivitas fotosintesis secara langsung.

Referensi

- Achaw, O.-W., & Danso-Boateng, E. (2021). Cocoa Processing and Chocolate Manufacture. In O.-W. Achaw & E. Danso-Boateng, *Chemical and Process Industries* (pp. 267–292). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-79139-1_10
- Astuti, Y. T. M., Prawoto, A. A., & Dewi, K. (2011). Pengaruh keberadaan tunas, aplikasi naphthalene acid dan gibberellic acid terhadap perkembangan buah muda kakao. *Pelita Perkebunan*, 27(1), 11–23.
- Avianto, Y. (2025). The Impact of Calcium Supplementation on Physiological Activity and Cherrille Wilt Reduction in Cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 179–189. <https://doi.org/10.29303/jbt.v25i1.8292>
- Avianto, Y., Noviyanto, A., Jaya, G. I., Handru, A., Ferhat, A., Hartanto, E. S., Sidiq, M. F., Saputra, B. F., Ramadhani, J. N., & Shofry, M. A. (2024). Integrating Automated Drip Irrigation and Organic Matter to Improve Enzymatic Performance and Yield of Water Efficient Chilli in Karst Region. *Journal of Ecological Engineering*, 25(11), 175–187. <https://doi.org/10.12911/22998993/192820>
- ^bAvianto, Y., Pratama, A. B., Noviyanto, A., & Fauzi, F. R. (2024). Analyzing the Influence of Altitudinal Gradients on Clove Physiology and Yield in the Menoreh Highlands. *Jurnal Biologi Tropis*, 24(4), 352–364. <https://doi.org/10.29303/jbt.v24i4.7562>
- Avianto, Y., & Saputra, B. F. (2024). Perbandingan Ekofisiologis Pucuk Teh pada Ketinggian Rendah dan Menengah di DIY. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*, 9(2), 59–69. <https://doi.org/10.24853/jat.9.2.%25p>
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Statistik Kakao Indonesia 2023*. Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Basra, S. M. A., & Lovatt, C. J. (2016). Exogenous Applications of Moringa Leaf Extract and Cytokinins Improve Plant

- Growth, Yield, and Fruit Quality of Cherry Tomato. *HortTechnology*, 26(3), 327–337. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.26.3.327>
- Bermejo, A., Granero, B., Mesejo, C., Reig, C., Tejado, V., Agustí, M., Primo-Millo, E., & Iglesias, D. J. (2018). Auxin and Gibberellin Interact in Citrus Fruit Set. *Journal of Plant Growth Regulation*, 37(2), 491–501. <https://doi.org/10.1007/s00344-017-9748-9>
- Fahmid, I. M., Harun, H., Fahmid, M. M., Saadah, & Busthanul, N. (2018). Competitiveness, production, and productivity of cocoa in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 157, 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/157/1/012067>
- Falchi, R., Bonghi, C., Drincovich, M. F., Famiani, F., Lara, M. V., Walker, R. P., & Vizzotto, G. (2020). Sugar Metabolism in Stone Fruit: Source-Sink Relationships and Environmental and Agronomical Effects. *Frontiers in Plant Science*, 11, 573982. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573982>
- Garmendia, A., Beltrán, R., Zornoza, C., García-Breijo, F. J., Reig, J., & Merle, H. (2019). Gibberellic acid in Citrus spp. flowering and fruiting: A systematic review. *PLOS ONE*, 14(9), e0223147. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223147>
- Gilani, S. A. Q., Basit, A., Sajid, M., Shah, S. T., Ullah, I., & Mohamed, H. I. (2021). Gibberellic Acid and Boron Enhance Antioxidant Activity, Phenolic Content, and Yield Quality in *Pyrus Communis* L. *Gesunde Pflanzen*, 73(4), 395–406. <https://doi.org/10.1007/s10343-021-00555-5>
- Gill, K., Kumar, P., Negi, S., Sharma, R., Joshi, A. K., Suprun, I. I., & Al-Nakib, E. A. (2023). Physiological perspective of plant growth regulators in flowering, fruit setting and ripening process in citrus. *Scientia Horticulturae*, 309, 111628. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111628>
- Goudsmit, E., Rozendaal, D. M. A., Tosto, A., & Slingerland, M. (2023). Effects of fertilizer application on cacao pod development, pod nutrient content and yield. *Scientia Horticulturae*, 313, 111869. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.111869>
- Hasanuddin, E. S. D., Prapto Yudono, Eka Tarwaca Susila Putra, & Benito Heru Purwanto. (2019). Physiological, biochemical activities of cherelle wilt on three cocoa clones (*Theobroma cacao*) under two levels of soil fertilities. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(1). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210124>
- Hassankhah, A., Rahemi, M., Mozafari, M. R., & Vahdati, K. (2018). Flower Development in Walnut: Altering the Flowering Pattern by Gibberellic Acid Application. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(2), 700–706. <https://doi.org/10.15835/nbha46211183>
- Hebbar, K. B., Apshara, E., Chandran, K. P., & Prasad, P. V. V. (2020). Effect of elevated CO₂, high temperature, and water deficit on growth, photosynthesis, and whole plant water use efficiency of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *International Journal of Biometeorology*, 64(1), 47–57. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01792-0>
- Herlina, H., Julsento, J., L, M., A, Y., K, A., P, W, M., S, M., & P, I. (2024). Efektivitas Pupuk Urea Dan Azolla Untuk Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agrium*, 21(3), 240. <https://doi.org/10.29103/agrium.v21i3.18680>
- Hermida-Carrera, C., Kapralov, M. V., & Galmés, J. (2016). Rubisco Catalytic Properties and Temperature Response in Crops. *Plant Physiology*, 171(4), 2549–2561. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01846>
- Hoffmann, M. P., Cock, J., Samson, M., Janetski, N., Janetski, K., Rötter, R. P., Fisher, M., & Oberthür, T. (2020). Fertilizer management in smallholder cocoa farms of Indonesia under variable climate and market prices. *Agricultural Systems*, 178, 102759.

- <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102759>
- Jang, B.-K., Cho, J.-S., Kang, S.-H., & Lee, C. H. (2021). Culture types and period impact gametophyte morphogenesis and sporophyte formation of eastern bracken. *Plant Methods*, 17(1), 87. <https://doi.org/10.1186/s13007-021-00786-7>
- Jatoba, L. D. J., Varela, R. M., Molinillo, J. M. G., Ud Din, Z., Juliano Gualtieri, S. C., Rodrigues-Filho, E., & Macías, F. A. (2016). Allelopathy of Bracken Fern (*Pteridium arachnoideum*): New Evidence from Green Fronds, Litter, and Soil. *PLOS ONE*, 11(8), e0161670. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161670>
- Khajehyar, R., Rahemi, M., & Fallahi, E. (2015). The Impact of Various Rates and Dates of Gibberellic Acid Applications on Fruit Set in Apricot. *International Journal of Fruit Science*, 15(3), 324–338. <https://doi.org/10.1080/15538362.2015.1016381>
- Kurniati, F., Hartini, E., & Solehudin, A. (2019). Effect of Type of Natural Substances Plant Growth Regulator on Nutmeg (*Myristica Fragrans*) Seedlings. *Agrotechnology Research Journal*, 3(1), 1–7. <https://doi.org/10.20961/agrotechresj.v3i1.25792>
- Li, Y., Han, M.-Q., Lin, F., Ten, Y., Lin, J., Zhu, D.-H., Guo, P., Weng, Y.-B., & Chen, L.-S. (2015). Soil chemical properties, 'Guanximiyou' pummelo leaf mineral nutrient status and fruit quality in the southern region of Fujian province, China. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, ahead, 0–0. <https://doi.org/10.4067/S0718-95162015005000029>
- Li, Y., Xu, W., Ren, B., Zhao, B., Zhang, J., Liu, P., & Zhang, Z. (2020). High temperature reduces photosynthesis in maize leaves by damaging chloroplast ultrastructure and photosystem II. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 206(5), 548–564. <https://doi.org/10.1111/jac.12401>
- Pinson, J. B., Chambers, S. M., Nitta, J. H., Kuo, L.-Y., & Sessa, E. B. (2017). The Separation of Generations: Biology and Biogeography of Long-Lived Sporophyteless Fern Gametophytes. *International Journal of Plant Sciences*, 178(1), 1–18. <https://doi.org/10.1086/688773>
- Rimpika, Jain, S., Rathod, M., Banjare, R., Nidhi, N., Sood, A., Shilpa, & Sharma, R. (2023). Physiological Aspects of Flowering, Fruit Setting, Fruit Development and Fruit Drop, Regulation and their Manipulation: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 13(12), 205–224. <https://doi.org/10.9734/ijec/2023/v13i123677>
- Simkin, A. J., Kapoor, L., Doss, C. G. P., Hofmann, T. A., Lawson, T., & Ramamoorthy, S. (2022). The role of photosynthesis related pigments in light harvesting, photoprotection and enhancement of photosynthetic yield in planta. *Photosynthesis Research*, 152(1), 23–42. <https://doi.org/10.1007/s11120-021-00892-6>
- Talaat, N. B., Nesiem, M. R. A., Gadalla, E. G., & Ali, S. F. (2023). Gibberellic Acid and Salicylic Acid Dual Application Improves Date Palm Fruit Growth by Regulating the Nutrient Acquisition, Amino Acid Profile, and Phytohormone Performance. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(4), 6216–6231. <https://doi.org/10.1007/s42729-023-01479-x>
- Wahyudi, R. U., Susila Putra, E. T., & Indradewa, D. (2023). Yield and yield components of superior cocoa (*Theobroma cocoa* L.) clones rejuvenated by ring budding technique. *Ilmu Pertanian (Agricultural Science)*, 8(1), 39. <https://doi.org/10.22146/ipas.71385>
- Wyder, S., Rivera, A., Valdés, A. E., Cañal, M. J., Gagliardini, V., Fernández, H., & Grossniklaus, U. (2020). Differential gene expression profiling of one- and two-dimensional apogamous gametophytes of the fern *Dryopteris affinis* ssp. *Affinis*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 148, 302–311. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.01.021>

Zang, Y.-X., Chun, I.-J., Zhang, L.-L., Hong, S.-B., Zheng, W.-W., & Xu, K. (2016). Effect of gibberellic acid application on plant growth attributes, return bloom, and fruit

quality of rabbiteye blueberry. *Scientia Horticulturae*, 200, 13–18.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.057>