



EFEKTIVITAS APLIKASI GIBERELIN (GA_3) PADA BERBAGAI WAKTU DAN KONSENTRASI TERHADAP PERTUMBUHAN SERTA HASIL CABAI MERAH KERITING (*Capsicum annuum* L.)

Khairul Anwar^{1*}, Nindya Arini², Syaiful Anwar³, Af'idzatuttama⁴, Lulu Fatikhatul Maryamah⁵

^{1,2,3,4,5}Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Muria Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

Email: khairul.anwar@umk.ac.id

Abstract

The productivity of curly red chili (*Capsicum annuum* L.) remains relatively low due to suboptimal management of plant growth regulators, particularly gibberellic acid (GA_3). Although GA_3 is known to stimulate vegetative growth and reproductive development, information regarding the effectiveness of different application timings and GA_3 concentrations in curly red chili is still limited. This study aimed to evaluate the effects of GA_3 application timing and concentration on the growth and yield of curly red chili and to identify the most effective treatment. The novelty of this study lies in the comprehensive evaluation of the combined effects of GA_3 application timing and concentration on both vegetative growth and yield components of curly red chili within a single experimental framework. The experiment was conducted from June to September 2025 at the Experimental Farm of the Faculty of Agriculture, Universitas Muria Kudus, using a factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. The first factor was GA_3 application timing (3, 6, and 8 weeks after transplanting, WAT), while the second factor was GA_3 concentration (0, 90, 110, and 130 ppm). The results showed that there was no significant interaction between application timing and GA_3 concentration for most growth and yield parameters. A GA_3 concentration of 130 ppm produced the best response, increasing plant height to 71.11 cm, leaf number to 147.92 leaves, branch number to 4.56 branches, accelerating flowering to 24.64 days after transplanting (approximately 36.1% earlier than the control), increasing fruit number to 27.22 fruits per plant (approximately 17.1% higher than the control), and producing the highest shoot dry weight of 27.22 g. This study provides further evidence of the physiological responses of curly red chili to different GA_3 concentrations and application timings. Practically, the findings suggest that the application of 130 ppm GA_3 can be recommended as an effective cultivation strategy to improve the growth and productivity of curly red chili.

Keywords: Application Time, Concentration, Curly Red Chili Pepper, Gibberellic Acid, Productivity

Abstrak

Produktivitas cabai merah keriting (*Capsicum annuum* L.) masih relatif rendah akibat belum optimalnya pengelolaan zat pengatur tumbuh, khususnya giberelin (GA_3). Meskipun GA_3 diketahui berperan dalam merangsang pertumbuhan vegetatif dan perkembangan generatif, informasi mengenai efektivitas berbagai waktu aplikasi dan konsentrasi GA_3 pada cabai merah keriting masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh waktu aplikasi dan konsentrasi GA_3 terhadap pertumbuhan dan hasil cabai merah keriting serta mengidentifikasi perlakuan yang paling efektif. Kebaruan penelitian ini terletak pada

evaluasi simultan pengaruh waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ terhadap respons pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil cabai merah keriting dalam satu rancangan percobaan. Penelitian dilaksanakan pada Juni–September 2025 di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah waktu aplikasi GA₃ (3, 6, dan 8 minggu setelah tanam/MST), sedangkan faktor kedua adalah konsentrasi GA₃ (0, 90, 110, dan 130 ppm). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antara waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ pada sebagian besar parameter pertumbuhan dan hasil. Konsentrasi GA₃ 130 ppm memberikan respons terbaik dengan meningkatkan tinggi tanaman hingga 71,11 cm, jumlah daun 147,92 helai, jumlah cabang 4,56 cabang, mempercepat pembungaan menjadi 24,64 HST ($\pm 36,1\%$ lebih cepat dibandingkan kontrol), meningkatkan jumlah buah menjadi 27,22 buah per tanaman ($\pm 17,1\%$ lebih tinggi dibandingkan kontrol), serta menghasilkan bobot kering tajuk tertinggi sebesar 27,22 g. Penelitian ini memperkuat pemahaman mengenai respons fisiologis tanaman cabai terhadap aplikasi GA₃ berdasarkan konsentrasi dan waktu aplikasi. Secara praktis, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan GA₃ pada konsentrasi 130 ppm berpotensi menjadi rekomendasi budidaya untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas cabai merah keriting.

Kata Kunci: Waktu Aplikasi, Konsentrasi, Cabai Merah Keriting, Giberelin, Produktivitas

1. Pendahuluan

Cabai merah keriting (*Capsicum annum* L.) merupakan tanaman hortikultura yang tidak hanya dimanfaatkan sebagai bahan penyedap dalam berbagai masakan, tetapi juga dimanfaatkan dalam industri pengolahan pangan karena mengandung senyawa yang berpotensi sebagai antioksidan dan antibakteri (Ananta et al. 2022). Cabai memiliki cita rasa pedas yang khas sehingga menjadi salah satu komoditas hortikultura dengan tingkat konsumsi yang tinggi di Indonesia. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kebutuhan konsumsi, permintaan cabai terus mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Badan Pusat Statistik (2023) melaporkan bahwa produksi cabai nasional meningkat dari 1,36 juta ton pada tahun 2021 menjadi 1,55 juta ton pada tahun 2023. Meskipun demikian, peningkatan produksi tersebut perlu diimbangi dengan penerapan teknik budidaya yang lebih efektif agar mampu memenuhi kebutuhan pasar sekaligus meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai secara optimal. Pengaturan nutrisi dan penggunaan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) merupakan dua upaya yang umum diterapkan untuk mendukung pertumbuhan tanaman. ZPT merupakan senyawa organik yang terlibat dalam pengendalian berbagai mekanisme fisiologis tanaman, baik yang diproduksi secara alami oleh tanaman (endogen) maupun yang diberikan dari luar tanaman (eksogen) (Robert dan Hooley 1988). Penggunaan ZPT eksogen dalam budidaya tanaman telah banyak dilakukan untuk merangsang pertumbuhan vegetatif maupun generatif. Beberapa jenis hormon tumbuhan yang umum digunakan antara lain auksin, sitokinin, dan giberelin (Debitama et al. 2022; Cokrowati dan Diniarti 2019). Giberelin (GA₃) berperan penting dalam proses pemanjangan sel, pembelahan sel, pembungaan, pembentukan buah, serta perkembangan tanaman secara keseluruhan. Pada tanaman cabai, aplikasi GA₃ dilaporkan mampu meningkatkan pembungaan dan pembentukan buah sehingga berpotensi

meningkatkan hasil produksi tanaman (Adilah et al. 2020). Efektivitas pemberian ZPT dipengaruhi oleh konsentrasi dan waktu aplikasinya. Konsentrasi yang terlalu rendah tidak mampu memberikan pengaruh yang signifikan, sementara konsentrasi yang terlalu tinggi berpotensi menurunkan laju pertumbuhan dan hasil tanaman (Fasya et al. 2025). Tanaman memiliki kebutuhan hormon yang berbeda pada setiap tahap pertumbuhannya sehingga waktu aplikasi GA₃ menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan penggunaannya. Aplikasi GA₃ perlu disesuaikan dengan tahap pertumbuhan tanaman agar dapat memberikan respons fisiologis yang optimal terhadap pertumbuhan dan hasil cabai merah keriting.

Pemberian GA₃ di tahap pertumbuhan tertentu diduga mampu meningkatkan produktivitas tanaman. Menurut Yasmin et al. (2014) mencatat bahwa pengaplikasian GA₃ pada awal fase pembungaan berperan dalam menginduksi pembentukan bunga serta menekan kerontokan bunga dan buah, sedangkan aplikasi pada tahap pembentukan buah berperan dalam meningkatkan produktivitas tanaman melalui peningkatan jumlah buah yang terbentuk. Menurut Wijanto et al. (2012) juga berpendapat pemberian giberelin setelah pembungaan dapat meningkatkan jumlah buah melalui peningkatan ukuran sel tanaman. Kasri et al. (2024) memperkuat bahwa pemberian GA₃ konsentrasi 100 ppm menghasilkan jumlah cabang dan diameter buah lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian GA₃. Sementara itu, Widiwurjani et al. (2020) menyebutkan bahwa aplikasi GA₃ 125 ppm pada umur 14 dan 28 HST mampu meningkatkan hasil tanaman cabai besar di dataran rendah. Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan bahwa aplikasi GA₃ dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman cabai, sebagian besar penelitian hanya mengkaji pengaruh konsentrasi atau waktu aplikasi secara terpisah (Yasmin et al., 2014; Widiwurjani et al., 2020; Kasri et al., 2024). Perbedaan varietas, fase pertumbuhan, dan kondisi lingkungan menyebabkan rekomendasi mengenai kombinasi waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ yang paling efektif masih belum konsisten (Adilah et al., 2020; Roopa et al., 2023). Oleh karena itu, masih terdapat research gap mengenai interaksi kedua faktor tersebut dalam meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas cabai merah keriting. Kebaruan penelitian ini terletak pada evaluasi secara simultan berbagai waktu aplikasi (3, 6, dan 8 MST) dan konsentrasi GA₃ (0, 90, 110, dan 130 ppm) menggunakan rancangan faktorial untuk mengidentifikasi kombinasi perlakuan yang paling efektif, sehingga diharapkan dapat memberikan rekomendasi budidaya yang lebih tepat bagi peningkatan produktivitas cabai merah keriting.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh berbagai waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ terhadap pertumbuhan dan hasil cabai merah keriting serta menentukan kombinasi perlakuan yang paling efektif.

2. Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni–September 2025 di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Muria Kudus, Kabupaten Kudus, Jawa Tengah, Indonesia, pada ketinggian ±40 m di atas permukaan laut. Lokasi penelitian memiliki tipe iklim tropis dengan suhu harian berkisar 27–33°C, kelembapan udara relatif 70–85%, serta curah hujan rata-rata sekitar 180–250 mm per bulan selama periode penelitian. Media tanam yang

digunakan berupa campuran tanah topsoil dan pupuk kandang dengan perbandingan 1:1. Sebelum penelitian dimulai, media memiliki pH sekitar 6,0–6,5 sehingga sesuai untuk pertumbuhan cabai merah keriting.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi cangkul, sprayer, meteran, gelas ukur, timbangan digital, oven, jangka sorong, dan polybag 40 cm × 40 cm. Bahan yang digunakan meliputi benih cabai merah keriting varietas Laba F1, giberelin (GA_3), NaOH, tanah, pupuk kandang, pupuk TSP, pupuk NPK 16:16:16, serta pestisida sesuai kebutuhan.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktorial (Randomized Complete Block Design/RCBD) dengan tiga ulangan. Rancangan ini dipilih karena kondisi lingkungan pada lokasi percobaan, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan, berpotensi tidak homogen sehingga pengelompokan diperlukan untuk meminimalkan galat percobaan akibat variasi lingkungan. Perlakuan yang diuji terdiri atas dua faktor, yaitu waktu aplikasi giberelin (GA_3) sebagai faktor pertama yang meliputi $W_1 = 3$ minggu setelah tanam (MST), $W_2 = 6$ MST, dan $W_3 = 8$ MST, serta konsentrasi giberelin sebagai faktor kedua yang terdiri atas $K_0 = 0$ ppm, $K_1 = 90$ ppm, $K_2 = 110$ ppm, dan $K_3 = 130$ ppm. Kombinasi kedua faktor menghasilkan 12 kombinasi perlakuan yang masing-masing diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas empat tanaman, dengan dua tanaman digunakan sebagai sampel pengamatan dan dua tanaman lainnya sebagai tanaman pembatas, sehingga total tanaman yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 144 tanaman. Setiap satuan percobaan menggunakan empat polybag berukuran 40 × 40 cm yang disusun dengan jarak antarpolybag sekitar 70 cm, sedangkan jarak antarulangan sekitar 100 cm untuk memudahkan pemeliharaan dan menghindari kontaminasi larutan GA_3 selama penyemprotan.

Pelaksanaan Penelitian

Benih disemai pada polybag kecil hingga berumur ± 14 hari atau telah memiliki 2–3 daun sejati. Media tanam berupa campuran tanah dan pupuk kandang (1:1) ditempatkan ke dalam polybag 40 cm × 40 cm. Bibit dipindahkan ke media tanam pada umur 2 MST. Pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, pemupukan, serta pengendalian hama dan penyakit. Pemupukan dasar diberikan pada saat persiapan media tanam menggunakan pupuk kandang matang sebanyak 5 kg per polybag yang dicampurkan secara merata dengan media tanam. Selain itu, pupuk TSP diberikan sebagai pupuk dasar dengan dosis 10 g tanaman⁻¹ pada saat tanam. Pemupukan susulan dilakukan menggunakan pupuk majemuk NPK 16-16-16 dengan dosis total 10 g tanaman⁻¹ yang diaplikasikan dalam dua tahap, yaitu masing-masing 5 g tanaman⁻¹ pada umur 14 hari setelah tanam (HST) dan 5 g tanaman⁻¹ pada umur 35 HST. Pupuk diberikan dengan cara ditugal melingkari tanaman pada jarak sekitar ± 10 cm dari pangkal batang, kemudian ditutup kembali dengan tanah untuk meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara oleh tanaman.

Pemberian Aplikasi GA_3

Larutan giberelin (GA_3) dibuat sesuai konsentrasi perlakuan (0, 90, 110, dan 130 ppm). Serbuk GA_3 terlebih dahulu dilarutkan menggunakan sedikit larutan NaOH 0,1 N

hingga homogen, kemudian diencerkan menggunakan aquades hingga mencapai volume yang diinginkan. Aplikasi dilakukan menggunakan hand sprayer hingga membasahi permukaan daun secara merata (foliar spray) dengan volume sekitar 83 mL tanaman⁻¹ pada pagi hari pukul 07.00–09.00 WIB. Penyemprotan dilakukan satu kali sesuai perlakuan masing-masing pada umur 3 MST, 6 MST, atau 8 MST. Selama aplikasi, setiap perlakuan disemprot secara terpisah untuk menghindari kontaminasi antarperlakuan.

Parameter Pengamatan

Variabel yang digunakan sebagai parameter pengamatan terdiri atas tinggi tanaman, jumlah daun, waktu muncul bunga, jumlah cabang, jumlah dan bobot buah per tanaman, panjang dan diameter buah, waktu panen pertama, bobot kering tajuk, dan bobot kering akar.

Teknik Analisa Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan metode analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf 5%. Apabila terdapat pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan uji *Least Significant Difference* (LSD) taraf 5% menggunakan perangkat lunak Minitab versi 18.

3. Hasil dan Pembahasan

Jumlah Daun

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 1), tidak terdapat interaksi yang nyata antara waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ terhadap tinggi tanaman pada umur 6 maupun 8 MST. Tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh konsentrasi GA₃ daripada waktu aplikasinya, sehingga kedua faktor bekerja secara independen. Selain itu, waktu aplikasi secara tunggal juga tidak memberikan pengaruh nyata karena seluruh perlakuan diberikan pada fase vegetatif hingga awal generatif, saat kandungan giberelin endogen masih mampu mendukung pemanjangan batang. Kondisi ini menyebabkan pemberian GA₃ pada umur 3, 6, maupun 8 MST menghasilkan respons pertumbuhan yang relatif seragam. Efektivitas waktu aplikasi GA₃ dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman sehingga tidak selalu menghasilkan perbedaan pertumbuhan yang nyata (Yasmin et al. 2014; Pichardo-González et al. 2018).

Tabel 1. Rataan tinggi tanaman cabai pada berbagai waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (GA₃) pada 6 dan 8 MST

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	
	6 MST	8 MST
Waktu Pemberian GA ₃		
W1 (3 MST)	46,33 a	65,15 a
W2 (6 MST)	49,58 a	68,71 a
W3 (8 MST)	49,00 a	68,15 a
Konsentrasi Giberelin		
K0 (0 ppm)	44,98 e	63,92 f
K1 (90 ppm)	45,75 e	65,86 ef
K2 (110 ppm)	48,94 de	68,44 de
K3 (130 ppm)	53,42 d	71,11 d
Interaksi Perlakuan	(-)	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃

Konsentrasi GA_3 memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, dengan perlakuan 130 ppm menghasilkan tanaman tertinggi pada umur 6 dan 8 MST. Peningkatan tinggi tanaman tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi 130 ppm masih berada pada kisaran optimum untuk merangsang pertumbuhan vegetatif cabai merah keriting. GA_3 meningkatkan pembelahan dan pemanjangan sel melalui aktivasi enzim pelunak dinding sel serta degradasi protein DELLA yang berperan sebagai penghambat jalur pensinyalan giberelin, sehingga pemanjangan batang berlangsung lebih cepat (Gardner et al. 2017; Li et al. 2019; Ritonga et al. 2023; Roopa et al. 2023). Sejalan dengan hasil Widiwurjani et al. (2020), Kasri et al. (2024), dan Fasya et al. (2025) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi GA_3 mampu memperbaiki pertumbuhan vegetatif berbagai tanaman hortikultura. Pemilihan konsentrasi GA_3 lebih menentukan keberhasilan peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman dibandingkan penentuan waktu aplikasinya pada kondisi penelitian ini. Peningkatan tinggi tanaman berpotensi meningkatkan luas tajuk dan kapasitas fotosintesis sehingga mendukung pembentukan biomassa, meskipun belum tentu diikuti peningkatan hasil apabila distribusi fotosintat ke organ reproduktif belum optimal (Wubs et al. 2009). Namun demikian, penelitian ini masih terbatas pada kisaran konsentrasi hingga 130 ppm dan belum mengevaluasi parameter fisiologis seperti kadar giberelin endogen, aktivitas fotosintesis, maupun kandungan klorofil. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk menentukan konsentrasi optimum GA_3 serta menjelaskan mekanisme fisiologis yang mendasari respons pertumbuhan tanaman cabai merah keriting.

Jumlah Daun

Tidak terdapat interaksi yang nyata antara waktu aplikasi dan konsentrasi GA_3 terhadap jumlah daun pada umur 6 maupun 8 MST (Tabel 2). Selain itu, waktu aplikasi GA_3 secara tunggal juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun. Hasil ini menunjukkan bahwa pembentukan daun pada tanaman cabai tidak dipengaruhi oleh perbedaan waktu aplikasi selama masih dilakukan pada fase vegetatif hingga awal generatif. Pada fase tersebut, pembentukan organ vegetatif lebih dipengaruhi oleh aktivitas pertumbuhan tanaman serta ketersediaan unsur hara, terutama nitrogen, yang berperan penting dalam pembentukan jaringan daun dan sintesis klorofil (Taiz & Zeiger, 2015; Lucky et al. 2024). Dengan demikian, respons jumlah daun terhadap aplikasi GA_3 relatif sama pada setiap waktu pemberian.

Tabel 2. Rataan jumlah daun tanaman cabai pada waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (GA_3) pada 6 dan 8 MST

Perlakuan	Jumlah Daun (helai)	
	6 MST	8 MST
Waktu Pemberian GA_3		
(W1) 3 MST	78,10 a	129,08 a
(W2) 6 MST	78,21 a	130,13 a
(W3) 8 MST	80,96 a	135,71 a
Konsentrasi Giberelin		
K0 (0 ppm)	74,64 e	124,17 e
K1 (90 ppm)	77,58 e	123,97 e
K2 (110 ppm)	79,86 de	130,50 e
K3 (130 ppm)	84,28 d	147,92 d
Interaksi Perlakuan	(-)	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA_3 .

Konsentrasi GA_3 berpengaruh nyata terhadap jumlah daun. Perlakuan 130 ppm (K3) menghasilkan jumlah daun tertinggi, yaitu 84,28 helai pada 6 MST dan 147,92 helai pada 8 MST, berbeda nyata dibandingkan kontrol. Peningkatan jumlah daun berkaitan dengan kemampuan GA_3 dalam merangsang pembelahan dan pemanjangan sel pada meristem apikal sehingga mempercepat pertumbuhan batang dan pembentukan ruas sebagai tempat munculnya daun baru. Selain itu, GA_3 berperan menunda proses senesens daun sehingga daun tetap aktif berfotosintesis dalam waktu yang lebih lama (Rachma & Suminarti, 2019; Roopa et al. 2023). Peningkatan konsentrasi GA_3 mampu meningkatkan pertumbuhan vegetatif cabai, termasuk pembentukan daun, melalui peningkatan aktivitas meristem dan efisiensi pertumbuhan tajuk (Widiwurjani et al. 2020; Kasri et al. 2024). Peningkatan jumlah daun berpotensi memperbesar luas bidang fotosintesis sehingga mendukung akumulasi fotosintat yang diperlukan untuk pertumbuhan dan pembentukan hasil pada fase generatif. Namun demikian, peningkatan jumlah daun tidak selalu berbanding lurus dengan peningkatan produktivitas apabila tidak diikuti distribusi fotosintat yang optimal ke organ reproduktif (Wubs et al. 2009).

Jumlah Cabang

Waktu aplikasi GA_3 secara tunggal juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah cabang (Tabel 3). Pembentukan cabang lebih dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman dibandingkan perbedaan waktu aplikasi GA_3 pada rentang 3–8 MST. Selama periode tersebut tanaman masih berada pada fase pertumbuhan aktif sehingga perkembangan tunas lateral berlangsung relatif seragam, menyebabkan respons terhadap waktu aplikasi tidak berbeda nyata. Waktu aplikasi GA_3 tidak selalu memberikan respons berbeda pada pertumbuhan vegetatif cabai apabila diaplikasikan pada fase pertumbuhan yang sama (Yasmin et al. 2014). Konsentrasi GA_3 memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah cabang, dengan konsentrasi 130 ppm (K3) menghasilkan jumlah cabang tertinggi, yaitu 4,56 cabang per tanaman. Peningkatan jumlah cabang menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut mampu mengoptimalkan aktivitas pertumbuhan vegetatif. GA_3 merangsang pembelahan dan pemanjangan sel pada jaringan meristem serta meningkatkan pertumbuhan tunas lateral melalui pengaturan keseimbangan hormon pertumbuhan, sehingga perkembangan cabang menjadi lebih optimal (Ritonga et al. 2023; Roopa et al. 2023). Hasil ini didukung oleh penelitian Rachma dan Suminarti (2019) serta Kasri et al. (2024) yang menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi GA_3 mampu memperbaiki pertumbuhan vegetatif tanaman cabai, termasuk pembentukan cabang produktif. Peningkatan jumlah cabang merupakan indikator penting karena setiap cabang berpotensi menjadi tempat munculnya bunga dan buah, sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi tanaman. Namun demikian, banyaknya cabang belum tentu diikuti peningkatan hasil apabila kemampuan tanaman dalam mendistribusikan fotosintat ke organ reproduktif masih terbatas (Wubs et al. 2009). Penelitian ini juga belum mengevaluasi hubungan antara jumlah cabang dengan jumlah bunga produktif maupun keberhasilan pembentukan buah, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji efektivitas peningkatan percabangan terhadap produktivitas cabai merah keriting secara lebih komprehensif.

Tabel 3. Rataan jumlah cabang cabai akibat waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (ga_3)

Pelakuan	Jumlah Cabang (buah)
	Waktu Pemberian GA_3
W1 (3 MST)	3,94 a

Pelakuan	Jumlah Cabang (buah)
W2 (6 MST)	4,04 a
W3 (8 MST)	4,21 a
Konsentrasi Giberelin	
K0 (0 ppm)	3,59 f
K1 (90 ppm)	3,92 ef
K2 (110 ppm)	4,19 de
K3 (130 ppm)	4,56 d
Interaksi Perlakuan	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃.

Waktu Muncul Bunga

Waktu aplikasi GA₃ secara tunggal juga tidak memberikan pengaruh nyata, dengan rata-rata waktu muncul bunga berkisar antara 30,54–31,90 HST (Tabel 4). Aplikasi GA₃ pada umur 3, 6, maupun 8 MST memberikan respons pembungaan yang relatif sama karena seluruh perlakuan masih dilakukan pada fase transisi vegetatif menuju generatif. Pada fase tersebut, jaringan meristem tanaman masih memiliki sensitivitas yang serupa terhadap sinyal pembungaan sehingga perbedaan waktu aplikasi belum mampu menghasilkan respons yang berbeda nyata. Temuan ini sejalan dengan Yin et al. (2022) yang menyatakan bahwa efektivitas GA₃ dalam menginduksi pembungaan lebih dipengaruhi oleh kondisi fisiologis tanaman dibandingkan waktu aplikasinya.

Konsentrasi GA₃ memberikan pengaruh sangat nyata terhadap percepatan waktu muncul bunga. Perlakuan 110 ppm (K2) dan 130 ppm (K3) mampu mempercepat pembungaan hingga sekitar 14 hari lebih awal dibandingkan kontrol, menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut telah mampu mengoptimalkan respons fisiologis tanaman menuju fase generatif. Secara fisiologis, GA₃ berperan dalam merangsang transisi fase vegetatif ke generatif melalui peningkatan ekspresi gen-gen pembungaan, aktivasi perkembangan meristem bunga, serta peningkatan sinyal florigen yang mendorong diferensiasi primordia bunga (Roopa et al. 2023; Yin et al. 2022). Hasil ini sesuai dengan penelitian Adilah et al. (2020) dan Yasmin et al. (2014) yang melaporkan bahwa aplikasi GA₃ pada konsentrasi optimum mampu mempercepat pembungaan tanaman cabai melalui percepatan perkembangan organ reproduktif. Percepatan pembungaan merupakan keuntungan karena dapat memperpendek umur menuju panen dan meningkatkan peluang pembentukan buah apabila didukung oleh kondisi lingkungan yang optimal. Namun demikian, pembungaan yang lebih cepat belum tentu diikuti peningkatan hasil apabila proses pembentukan dan perkembangan buah dibatasi oleh ketersediaan fotosintat atau faktor lingkungan lainnya. Penelitian ini juga belum mengevaluasi aspek fisiologis yang berkaitan dengan induksi pembungaan, seperti perubahan kadar hormon endogen maupun ekspresi gen pembungaan, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk menjelaskan mekanisme molekuler yang mendasari percepatan pembungaan akibat aplikasi GA₃ pada tanaman cabai merah keriting.

Tabel 4. Rataan waktu muncul bunga tanaman cabai akibat waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (ga₃)

Pelakuan	Waktu Muncul Bunga (HST)
Waktu Pemberian GA ₃	
W1 (3 MST)	31,00 a
W2 (6 MST)	31,90 a
W3 (8 MST)	30,54 a
Konsentrasi Giberelin	
K0 (0 ppm)	38,58 d

Pelakuan	Waktu Muncul Bunga (HST)
K1 (90 ppm)	36,89 d
K2 (110 ppm)	24,47 e
K3 (130 ppm)	24,64 e
Interaksi Perlakuan	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan tidak terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃.

Jumlah Buah

Tidak terdapat interaksi yang nyata antara waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ terhadap jumlah buah per tanaman (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa respons jumlah buah terhadap peningkatan konsentrasi GA₃ tidak bergantung pada waktu aplikasinya. Faktor waktu aplikasi secara tunggal juga tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah buah, dengan jumlah buah berkisar antara 24,79–25,79 buah per tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa aplikasi GA₃ pada umur 3, 6, maupun 8 MST masih mampu memberikan respons fisiologis yang relatif sama karena tanaman berada pada fase pertumbuhan aktif hingga awal generatif. Peningkatan jumlah buah pada tanaman cabai lebih dipengaruhi oleh tingkat konsentrasi GA₃ yang diberikan dibandingkan perbedaan waktu aplikasinya. Faktor konsentrasi GA₃ memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah buah per tanaman. Konsentrasi 130 ppm (K3) menghasilkan jumlah buah tertinggi sebesar 27,22 buah, diikuti oleh konsentrasi 110 ppm (K2) sebesar 26,81 buah, sedangkan kontrol menghasilkan jumlah buah terendah (23,25 buah). Peningkatan jumlah buah akibat aplikasi GA₃ berkaitan dengan perannya dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan reproduktif tanaman. Konsentrasi GA₃ yang lebih tinggi mampu meningkatkan jumlah cabang dan mempercepat pembungaan, sehingga jumlah nodus sebagai tempat terbentuknya bunga dan buah menjadi lebih banyak (Rachma & Suminarti, 2019; Adilah et al., 2020). Selain itu, GA₃ berperan dalam meningkatkan keberhasilan pembentukan buah (*fruit set*) melalui pengaturan perkembangan bunga, pengurangan kerontokan bunga muda, serta peningkatan aktivitas translokasi fotosintat menuju organ reproduktif (Ritonga et al., 2023; Roopa et al., 2023).

Peningkatan jumlah buah pada konsentrasi GA₃ 130 ppm menunjukkan bahwa aplikasi zat pengatur tumbuh tersebut mampu meningkatkan potensi produksi cabai merah keriting melalui optimalisasi pembentukan organ reproduktif. Namun, peningkatan jumlah buah perlu diimbangi dengan kemampuan tanaman dalam menyediakan fotosintat agar tidak terjadi kompetisi antarbuah yang dapat menurunkan ukuran maupun bobot buah (Wubs et al., 2009). Hasil penelitian ini memperkuat temuan Widiwujani et al. (2020) dan Pichardo-González et al. (2018) bahwa aplikasi GA₃ dapat meningkatkan komponen hasil tanaman cabai melalui stimulasi pertumbuhan dan perkembangan reproduktif. Penelitian selanjutnya perlu mengevaluasi parameter fisiologis seperti laju fotosintesis, kandungan karbohidrat, serta efisiensi distribusi fotosintat untuk menjelaskan hubungan antara peningkatan jumlah buah dan produktivitas tanaman secara lebih komprehensif.

Tabel 5. Rataan jumlah buah tanaman cabai pada waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (ga₃)

Pelakuan	Jumlah Buah per Tanaman (buah)
Waktu Pemberian GA ₃	
W1 (3 MST)	24,79 a
W2 (6 MST)	25,63 a
W3 (8 MST)	25,79 a

Pelakuan	Jumlah Buah per Tanaman (buah)
	Konsentrasi Giberelin
K0 (0 ppm)	23,25 e
K1 (90 ppm)	24,33 e
K2 (110 ppm)	26,81 d
K3 (130 ppm)	27,22 d
Interaksi Perlakuan	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃.

Bobot Buah

Berdasarkan hasil uji BNT 5% (Tabel 6), tidak terdapat interaksi yang nyata antara waktu aplikasi dan konsentrasi GA₃ terhadap bobot buah pada kedua waktu panen. Pada faktor waktu aplikasi, perlakuan memberikan pengaruh nyata pada panen pertama, di mana aplikasi GA₃ pada umur 8 MST (W3) menghasilkan bobot buah tertinggi (4,83 g) dan berbeda nyata dengan aplikasi pada 3 MST (W1). Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi GA₃ yang dilakukan mendekati fase pembentukan dan pengisian buah lebih efektif dalam mendukung perkembangan buah. Namun, pada panen kedua perbedaan tersebut tidak lagi nyata, mengindikasikan bahwa pengaruh waktu aplikasi cenderung menurun seiring bertambahnya umur tanaman dan semakin dominannya faktor fisiologis internal dalam menentukan perkembangan buah.

Faktor konsentrasi menunjukkan respons yang berbeda pada setiap waktu panen. Pada panen pertama, seluruh konsentrasi GA₃ menghasilkan bobot buah yang relatif sama, sedangkan pada panen kedua konsentrasi 130 ppm (K3) menghasilkan bobot buah terendah (4,31 g) dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Kondisi ini diduga berkaitan dengan meningkatnya jumlah buah yang dihasilkan pada konsentrasi tinggi, sehingga terjadi kompetisi antarbuah dalam memperoleh fotosintat selama fase pengisian buah. Menurut Wubs et al. (2009), semakin banyak buah yang berkembang pada satu tanaman, semakin besar persaingan sebagai sink terhadap hasil fotosintesis sehingga ukuran atau bobot masing-masing buah dapat menurun. Meskipun GA₃ mampu meningkatkan pembentukan buah, ketersediaan fotosintat yang terbatas menyebabkan distribusi asimilat ke setiap buah menjadi lebih rendah pada fase panen berikutnya.

Tabel 6. Rataan bobot buah tanaman cabai pada waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (ga₃)

Perlakuan	Bobot Buah (g)	
	Panen Ke-1	Panen Ke-2
Waktu Pemberian GA ₃		
(W1) 3 MST	4,47 b	4,76 a
(W2) 6 MST	4,76 ab	4,65 a
(W3) 8 MST	4,83 a	4,46 a
Konsentrasi Giberelin		
K0 (0 ppm)	4,79 d	4,70 d
K1 (90 ppm)	4,63 d	4,68 d
K2 (110 ppm)	4,69 d	4,79 d
K3 (130 ppm)	4,63 d	4,31 e
Interaksi Perlakuan	(-)	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) tidak menunjukkan terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan jumlah buah akibat aplikasi GA₃ tidak selalu diikuti oleh peningkatan bobot setiap buah, sehingga terdapat *trade-off*

antara kuantitas dan ukuran buah. Temuan ini sejalan dengan Pichardo-González et al. (2018) dan Rachma dan Suminarti (2019) yang melaporkan bahwa efektivitas GA₃ terhadap hasil tanaman dipengaruhi oleh keseimbangan antara pembentukan buah dan kemampuan tanaman memasok fotosintat selama pengisian buah. Namun demikian, penelitian ini belum mengevaluasi parameter fisiologis seperti laju fotosintesis, kandungan karbohidrat, maupun efisiensi translokasi asimilat ke buah, sehingga penelitian lanjutan diperlukan untuk menjelaskan mekanisme penurunan bobot buah pada konsentrasi GA₃ yang tinggi selama panen akhir.

Bobot Brangkas

Pada bobot kering tajuk, faktor waktu aplikasi tidak memberikan pengaruh nyata, sedangkan faktor konsentrasi memberikan pengaruh nyata dengan konsentrasi 130 ppm (K3) menghasilkan bobot kering tajuk tertinggi sebesar 27,22 g. Sebaliknya, pada bobot kering akar, waktu aplikasi berpengaruh nyata, di mana aplikasi GA₃ pada umur 8 MST (W3) menghasilkan bobot kering akar tertinggi (11,37 g), sedangkan faktor konsentrasi tidak menunjukkan perbedaan nyata. Hasil ini menunjukkan bahwa respons pertumbuhan biomassa tajuk lebih dipengaruhi oleh konsentrasi GA₃, sedangkan perkembangan biomassa akar lebih dipengaruhi oleh waktu aplikasi.

Peningkatan bobot kering tajuk pada konsentrasi GA₃ yang lebih tinggi berkaitan dengan meningkatnya pertumbuhan vegetatif, sebagaimana ditunjukkan oleh bertambahnya tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah cabang pada perlakuan yang sama. GA₃ merangsang pembelahan dan pemanjangan sel sehingga meningkatkan luas tajuk dan kapasitas fotosintesis, yang pada akhirnya meningkatkan akumulasi biomassa pada batang dan daun (Sugiura et al. 2016; Roopa et al. 2023). Sementara itu, bobot kering akar yang lebih tinggi pada aplikasi 8 MST diduga berkaitan dengan kondisi tanaman yang telah memiliki sistem tajuk berkembang dengan baik sehingga hasil fotosintesis yang dihasilkan mampu mendukung pertumbuhan sistem perakaran. Temuan ini menunjukkan bahwa distribusi biomassa antara tajuk dan akar dipengaruhi oleh fase pertumbuhan tanaman serta keseimbangan alokasi fotosintat (Li et al. 2019).

Tabel 7. Rataan bobot kering dan tajuk tanaman cabai pada waktu pemberian dan konsentrasi giberelin (ga₃)

Pelakuan	Bobot Kering Tajuk (g)	Bobot Kering Akar (g)
Waktu Pemberian GA ₃		
W1 (3 MST)	24,79 a	9,42 b
W2 (6 MST)	25,63 a	9,64 b
W3 (8 MST)	25,79 a	11,37 a
Konsentrasi Giberelin (ppm)		
K0 (0 ppm)	23,25 e	11,41 d
K1 (90 ppm)	24,33 e	10,08 e
K2 (110 ppm)	26,81 d	9,41 e
K3 (130 ppm)	27,22 d	9,68 e
Interaksi Perlakuan	(-)	(-)

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%. Tanda (-) menunjukkan terdapat interaksi nyata antara waktu pemberian dan konsentrasi GA₃.

Peningkatan bobot kering tajuk mencerminkan pertumbuhan vegetatif yang lebih baik dan berpotensi meningkatkan kapasitas fotosintesis untuk mendukung pembentukan hasil. Di sisi lain, bobot kering akar yang lebih tinggi menunjukkan sistem perakaran yang lebih berkembang sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi penyerapan air dan unsur

hara. Namun demikian, penelitian ini belum mengevaluasi rasio akar-tajuk (*root-to-shoot ratio*) maupun distribusi biomassa secara lebih rinci, sehingga mekanisme alokasi fotosintat akibat aplikasi GA₃ belum dapat dijelaskan secara menyeluruh. Oleh karena itu, penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji hubungan antara distribusi biomassa, efisiensi fotosintesis, dan produktivitas tanaman cabai merah keriting.

4. Simpulan

Aplikasi giberelin (GA₃) berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah keriting, terutama melalui peningkatan pertumbuhan vegetatif, percepatan pembungaan, dan peningkatan jumlah buah. Konsentrasi GA₃ 130 ppm memberikan respons terbaik terhadap sebagian besar parameter pertumbuhan, sedangkan waktu aplikasi 8 MST menunjukkan respons yang lebih baik pada beberapa parameter hasil. Secara ilmiah, penelitian ini memberikan informasi mengenai respons fisiologis cabai merah keriting terhadap aplikasi GA₃ sebagai strategi optimalisasi penggunaan zat pengatur tumbuh pada tanaman hortikultura. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar rekomendasi aplikasi GA₃ dalam budidaya cabai merah keriting. Penelitian selanjutnya perlu dilakukan dengan melibatkan berbagai varietas, kondisi lingkungan, serta pengamatan parameter fisiologis seperti kandungan hormon endogen, fotosintesis, dan efisiensi distribusi fotosintat untuk memperjelas mekanisme kerja GA₃ terhadap produktivitas tanaman.

5. Referensi

- Adilah, R., Rochmatino, R., & Prayoga, L. (2020). Pengaruh paklobutrazol dan GA₃ terhadap pertumbuhan dan pembungaan pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). *BioEksakta: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(1), 109–114.
- Ananta, I. G. B. T., & Anjasmara, D. G. A. (2022). Potensi ekstrak buah cabai merah keriting (*Capsicum annuum* var. *longum*) sebagai antioksidan dan antibakteri. *Jurnal Medicamento*, 8(1), 48–55.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistika tanaman sayuran dan buah-buahan semusim di Indonesia*. Badan Pusat Statistik.
- Cokrowati, N., & Diniarti, N. (2019). Komponen *Sargassum aquifolium* sebagai hormon pemicu tumbuh untuk *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(2), 316–321.
- Debitama, A. M. N., Mawarni, I. A., & Hasanah, U. (2022). Pengaruh hormon auksin sebagai zat pengatur tumbuh pada beberapa jenis tumbuhan Monocotyledoneae. *Biodidaktika*, 17(1), 121–122.
- Fasya, E. R. O., Hidayat, R., & Nugrahani, P. (2025). Pengaruh konsentrasi dan waktu aplikasi giberelin terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman melon (*Cucumis melo* L.). *Agrocentum*, 3(2), 50–58.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (2017). *Physiology of crop plants*. UI Press.
- Gresiyanti, D. M., & Rahayu, Y. S. (2023). Efektivitas kombinasi berbagai ZPT alami terhadap perkecambahan biji, pertumbuhan, dan produksi tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *LenteraBio*, 12(3), 307–316.
- Kasri, E. I., Nuraeni, & Madauna, I. S. (2024). Efektivitas berbagai konsentrasi giberelin dan jenis mulsa terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.). *Agrotekbis*, 12(3), 567–577.
- Li, J. Z., Li, M. Q., Han, Y. C., Sun, H. Z., Du, Y. X., & Zhao, Q. Z. (2019). The crucial role of gibberellic acid on germination of drought-resistant upland rice. *Biologia Plantarum*, 63, 529–535.
- Lucky, M., Tobing, L., Yulianto, D. H. D., & Patricia, W. (2024). Respon pertumbuhan dan produksi cabai merah keriting (*Capsicum annuum* L.) akibat aplikasi pupuk nitrogen-fosfor-kalium dan fungi mikoriza arbuskula pada tanah podsolik merah kuning. *Rona Teknik Pertanian*, 17(2), 181–191.
- Pichardo-González, J. M., Guevara-Olvera, L., Couoh-Uicab, Y. L., González-Cruz, L., Bernardino-Nicanor, A., Medina, H. R., González-Chavira, M. M., & Acosta-García, G. (2018). Efecto de las giberelinas en el rendimiento de chile jalapeño (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9(5), 1021–1030.

- Rachma, A., & Suminarti, N. E. (2019). Pengaruh pupuk kalsium dan giberelin pada pertumbuhan, hasil, dan kualitas cabai besar (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(12), 2662–2671.
- Ritonga, F. N., Zhou, D., Zhang, Y., Song, R., Li, C., Li, J., & Gao, J. (2023). The roles of gibberellins in regulating leaf development. *Plants*, 12(6), 1243.
- Roberts, J. A., & Hooley, R. (1988). *Plant growth regulators*. British Library Cataloguing in Publication Data.
- Roopa, B., Premalatha, S. J., Manjula, A. C., Bhattacharya, S., Prasad, G., Reddy, V. D., Shrivastava, R., & Patil, S. J. (2023). Role of gibberellin in plant growth, development and senescence. *European Chemical Bulletin*, 12(Special Issue 10), 1–8.
- Sugiura, D., Kojima, M., & Sakakibara, H. (2016). Phytohormonal regulation of biomass allocation and morphological and physiological traits of leaves in response to environmental changes in *Polygonum cuspidatum*. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1189.
- Widiwujani, Suwandi, & Arista, R. A. (2020). Peran giberelin pada morfologi pertumbuhan dan produksi tanaman cabai besar di dataran rendah (*Capsicum annuum* L.). *E-Journal Hijau Cendekia*, 5(1), 28–36.
- Wijayanto, T., Yani, W. R., & Arsana, M. W. (2012). Respon hasil dan jumlah biji buah semangka (*Citrullus vulgaris*) dengan aplikasi hormon giberelin (GA3). *Agroteknos*, 2(1), 57–62.
- Wubs, A. M., Ma, Y., Heuvelink, E., & Marcelis, L. F. M. (2009). Genetic differences in fruit-set patterns are determined by differences in fruit sink strength and a source:sink threshold for fruit set. *Annals of Botany*, 104(5), 957–964.
- Yasmin, S., Wardiyati, T., & Koesrihati, K. (2014). Pengaruh perbedaan waktu aplikasi dan konsentrasi giberelin (GA3) terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 2(5), 395–403.
- Yin, Y., Li, J., Guo, B., Li, L., Ma, G., Wu, K., Yang, F., Zhu, G., Fang, L., & Zeng, S. (2022). Exogenous GA3 promotes flowering in *Paphiopedilum callosum* (Orchidaceae) through bolting and lateral flower development regulation. *Horticulture Research*, 9, uhac108.