

Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman GA₃ terhadap Perkecambahan Benih dan Pertumbuhan Bibit Johar (*Cassia seamea*)

Effects of Concentration and Soaking Period of GA₃ on Seed Germination and Growth of Johar (Cassia seamea) Seedlings

Ahmad Yunus^{1*}, Arifiya Qifni^{2*}, Puji Harsono³, Bambang Pujiasmanto⁴

¹⁻⁴Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Jawa Tengah, 57126, Indonesia

Received 24 July 2020; Accepted 02 December 2020; Published 30 June 2021

ABSTRACT

Johar (*Cassia seamea*) is a medicinal plant with a cassiarin A compound to combat malaria and has a low Cassiarin A is an active compound in Johar (*Cassia seamea*) medicinal plant capable of combating malaria, despite showing a low seed production rate due to dormancy. This inactivity is severed using gibberellic acid (GA₃) treatments. This study aims to determine the effects of concentration and soaking period of GA₃ on seed germination and growth of Johar seedlings. A completely randomized design (CRD), consisting of 2 treatments was applied as the research method. The first treatment employed GA₃ concentrations of 0, 45, 90 and 135 ppm, while the second was based on the soaking interval at 6, 12, 18 and 24 hours. The results showed the capacity of GA₃ able to shatter the seed dormancy with percentage germination of 43.03% and a concentration of 50.28 ppm. Therefore, the interaction of the two treatments significantly influenced the growth of Johar seedlings. Consequently, the concentration of GA₃ at 79.89 ppm increased the root length to 52.19 cm, while 84.68 ppm produced a total of 20.91 roots, after a 6 hour soaking. In addition, the 96.67 ppm expanded the stem diameter by 0.93 cm.

Keywords: Dormancy; Root Length; Seedlings Height

Cite this as (CSE Style): Yunus A, Qifni A, Harsono P, Pujiasmanto B. 2020. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit johar (*Cassia Seamea*). Agrotechnology Res J. 5(1):1–6. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v5i1.43217>.

PENDAHULUAN

Johar (*Cassia seamea* Lamk.) merupakan tanaman yang termasuk dalam famili Fabaceae yang berasal dari Asia Selatan dan terkenal di Indonesia dengan tanaman berkhasiat obat antimalaria, antimikroba, antidiabetes, antikanker, dan obat nyeri (Ningrum et al. 2017). Penelitian terbaru menyatakan bahwa daun bibit johar memiliki senyawa cassiarin A yang merupakan senyawa paling aktif dalam melumpuhkan malaria. Johar dapat dikategorikan sebagai jenis pohon serbaguna atau *multipurpose tree species*. *Multipurpose tree species* merupakan jenis pohon yang ditanam untuk memenuhi lebih dari satu manfaat pada suatu areal. Selain manfaat johar sebagai tanaman obat, johar juga mempunyai potensi yang baik untuk digunakan sebagai pupuk hijau dan makan ternak, pengendali erosi, naungan, tanaman hias, dan tanaman inang bagi kayu cendana (Sarkar et al. 2018).

Johar tercatat hanya menyumbangkan 5% dari total produksi tanaman biofarmaka di Indonesia dengan perbandingan tanaman obat lain yaitu jahe (37,98%), kunyit (18,82%), kapulaga (12,22%), laos/lengkuas (10,50%), dan kencur (6,33%) (Munadi 2017). Salah satu faktor yang menyebabkan johar memiliki tingkat produksi yang rendah adalah biji johar mengalami dormansi sehingga perkecambahan terhambat. Menurut Labbafi et al. (2018), dormansi biji disebabkan oleh lapisan kulit biji yang keras sehingga mencegah perkecambahan, ketika biji bersentuhan dengan air maka biji akan mengeluarkan lendir sehingga menghambat embrio biji menyerap oksigen dan mencegah perkecambahan.

Perkecambahan biji yang sulit pada bibit johar ini dapat diatasi dengan mematahkan dormansinya. Salah satu cara pematangan dormansi adalah secara kimia dengan memberikan zat-zat kimia seperti zat pengatur tumbuh. Perlakuan secara kimia ini dapat melunakkan biji sehingga mudah dimasuki air dan udara pada proses imbibisi biji (Ali et al. 2021; Khasanah et al. 2021). Bahan kimia yang dapat digunakan adalah asam giberelat (GA₃) (El hamdaoui et al. 2021). GA₃ merupakan zat pengatur tumbuh buatan yang berhubungan erat dengan

*Corresponding Author:
E-Mail: yunusuns17@gmail.com
E-mail: fiyaqifni@gmail.com

pertumbuhan karena GA₃ dapat mengendalikan sintesis enzim hidrolitik pada perkecambahan biji (Pertiwi et al. 2016; Hernández-garcía et al. 2021). Penelitian Isrianto (2017) menyimpulkan bahwa giberelin 100 ppm mampu memberikan pengaruh terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, luas daun, biomassa tanaman keji beling (*Strobilanthes crispus* L.).

Penelitian ini juga mengkaji lamanya perendaman GA₃ pada konsentrasi yang ditentukan. Lama perendaman juga menjadi faktor penentu dalam perkecambahan biji johar. Berdasarkan penelitian Kurniati et al. (2018) bahwa pemberian ekstrak rebung bambu yang mengandung giberelin dengan lama perendaman 12 jam dapat memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman labu madu (*Cucurbita moschata* Durch). Penelitian Patel et al. (2018) menyatakan konsentrasi GA₃ 500 ppm dan direndam selama 24 jam dapat memberikan persentase perkecambahan, diameter hipokotil, tinggi bibit, jumlah daun per tanaman, persentase hidup, panjang akar, bobot segar dan kering pada tanaman Red Sanders (*Pterocarpus santalinus* L.).

Berdasarkan permasalahan pada biji johar tersebut perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA₃ secara tunggal dan interaksinya terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit johar. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menentukan waktu pematangan dormansi biji dan titik optimum perkecambahan benih pada konsentrasi dan lama perendaman GA₃ yang tepat. Penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat atau petani obat dalam meningkatkan pengembangan bahan baku obat khususnya bibit johar, sehingga dapat memasok kebutuhan obat di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juli-Desember 2019 di Laboratorium Ekologi dan Manajemen Produksi Tanaman (EMPT) Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta untuk pengamatan fase perkecambahan, dan untuk fase pertumbuhan bibit di Rumah Kaca A Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Bahan yang digunakan adalah benih johar (*Cassia seamea*) berasal dari hasil panen daerah Lampung bulan Juli 2019, serbuk GA₃ 90% (45, 90, dan 135 ppm), alkohol 70%, akuades (sebagai pengencer GA₃), tanah, dan pupuk kandang. Alat yang digunakan adalah cawan petri, Erlenmeyer 1 liter, hand sprayer, timbangan analitik.

Penelitian menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial, dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu konsentrasi asam giberelat (GA₃) yang terdiri dari 4 taraf antara lain tanpa GA₃ (G0), 45 ppm (G1), 90 ppm (G2), dan 135 ppm (G3). Faktor kedua yaitu lama perendaman asam giberelat (GA₃) yang terdiri dari 4 taraf antara lain 6 jam (P1), 12 jam (P2), 18 jam (P3), dan 24 jam (P4). Pelaksanaan penelitian terdiri atas persiapan biji dengan memisahkan biji johar dari polongnya, pembuatan larutan asam giberelat (GA₃), perendaman biji pada larutan GA₃ sesuai dengan perlakuan, perkecambahan biji pada media *tissue* di dalam cawan petri, persiapan media tanam dilakukan

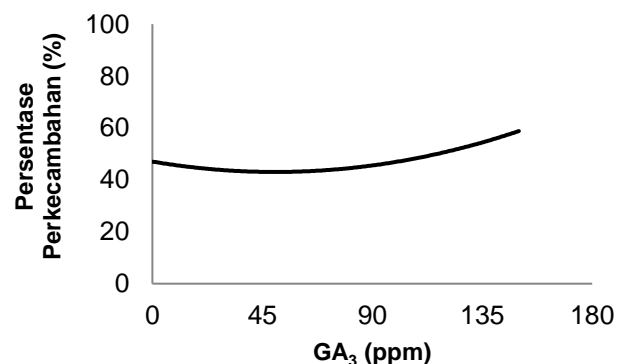
dengan mencampurkan tanah dan pupuk kandang 1:1, penanaman dilakukan ketika benih johar telah berkecambah dan dipindahkan ke media pembibitan, pemeliharaan dilakukan setiap hari dengan penyiraman dan pengamatan, dan pemanenan bibit johar dilakukan saat umur tanaman 4 bulan.

Peubah pengamatan pada penelitian ini meliputi persentase perkecambahan (%) dan laju perkecambahan (% etmal⁻¹) dengan metode langsung pada substrat *tissue*, tinggi bibit (cm), berat brangkasan segar (g), panjang akar (cm), jumlah akar, dan diameter batang (cm). Data dianalisis menggunakan uji ANOVA ($\alpha=5\%$), dilanjutkan uji polinomial ortogonal untuk mengetahui titik optimum pada perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase perkecambahan

Berdasarkan uji keragaman didapatkan bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor konsentrasi dan lama perendaman GA₃, namun konsentrasi GA₃ yang dapat mempengaruhi persentase perkecambahan biji johar. Uji lanjut Polinomial Ortogonal menunjukkan bahwa persentase perkecambahan biji johar memberikan respons kuadratik terhadap aplikasi GA₃ (Gambar 1). Uji lanjut ini menghasilkan koefisien determinasi (R^2)= 0,153 yang berarti bahwa kontribusi pengaruh pemberian konsentrasi GA₃ terhadap persentase perkecambahan hanya 15,3%.

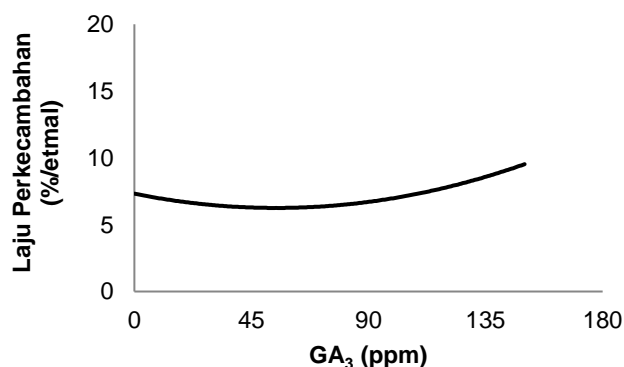


Gambar 1. Pengaruh konsentrasi GA₃ terhadap persentase perkecambahan pada biji johar

Persentase perkecambahan biji johar akan mulai meningkat sebesar 43,03% dengan pemberian GA₃ konsentrasi 50,28 ppm (Gambar 1). Pemberian GA₃ pada konsentrasi yang tepat dapat membantu meningkatkan aktivitas sel pada benih. Hal ini sesuai dengan pernyataan Al-Hawezy (2015) bahwa hormon giberelin memberikan peran untuk mendorong pembentukan α -amilase dan enzim-enzim hidrolitik yang masuk dalam kotiledon atau endosperm biji sehingga menghasilkan energi untuk aktivitas sel. Perendaman GA₃ pada biji johar ini mampu menembus kulit biji dan mengaktifkan senyawa dalam sel sehingga terjadi pematangan dormansi. Sesuai dengan pernyataan Dharma et al. (2015) semakin tinggi ketersediaan senyawa giberelin dalam benih maka semakin tinggi pula kemampuan benih untuk berkecambah sehingga benih memiliki kemampuan perkecambahan yang tinggi.

Laju perkecambahan

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor konsentrasi dan lama perendaman GA_3 , namun konsentrasi GA_3 dapat memberikan pengaruh secara nyata terhadap laju perkecambahan biji johar. Berdasarkan hasil uji polinomial ortogonal menunjukkan bahwa laju perkecambahan biji johar memberikan respons kuadrat dari pemberian GA_3 dengan berbagai konsentrasi (**Gambar 2**). Koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan pada uji ini adalah 0,11 menunjukkan bahwa sumbangan pengaruh pemberian konsentrasi GA_3 terhadap laju perkecambahan hanya 11%.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi GA_3 terhadap laju perkecambahan pada biji johar

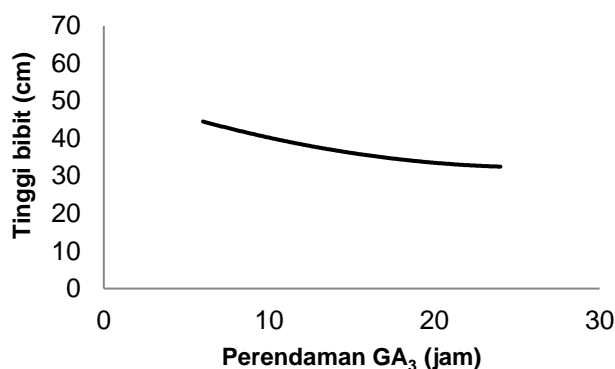
Gambar 2 menunjukkan bahwa laju perkecambahan biji johar mulai meningkat sebesar 6,25 %/etmal⁻¹ pada konsentrasi GA_3 54,49 ppm. Konsentrasi optimum tersebut memungkinkan terjadinya proses perkecambahan menjadi lebih cepat dan serempak. Hal ini sesuai dengan pernyataan **Fujianti et al. (2018)** bahwa GA_3 dengan konsentrasi optimum dapat meningkatkan perluasan dinding sel yang berakibat dinding sel menjadi elastis sehingga akan mendorong pertumbuhan plumula dan radikula selama perkecambahan.

Tinggi bibit

Berdasarkan uji keragaman didapatkan bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor konsentrasi dan lama perendaman GA_3 , namun lama perendaman GA_3 mempengaruhi tinggi bibit johar. Uji lanjut polinomial ortogonal menunjukkan bahwa tinggi bibit johar memberikan respons kuadrat terhadap aplikasi GA_3 (**Gambar 3**). Uji lanjut ini menghasilkan koefisien determinasi (R^2)= 0,1486 yang berarti bahwa sumbangan pengaruh lama perendaman GA_3 terhadap tinggi bibit hanya 14,86%.

Hasil kurva polinomial ortogonal pada **Gambar 3** menjelaskan bahwa tinggi bibit johar akan mencapai titik optimum sebesar 32,33 cm ketika biji johar direndam dalam GA_3 selama 26,4 jam. Penelitian **Farida (2018)** menyatakan bahwa perlakuan lama perendaman larutan GA_3 memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap

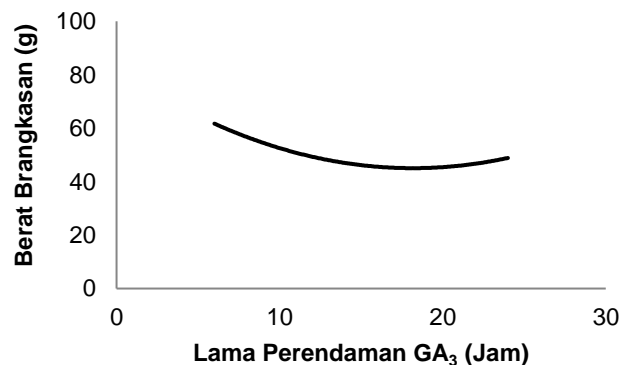
parameter laju perkecambahan, persentase kecambah, panjang axis embrio, dan tinggi bibit Aren (*Arenga pinnata* Wurmb Merr). Lama perendaman GA_3 yang diberikan berpengaruh optimal pada biji johar sehingga biji dapat menyerap air yang masuk. Penyerapan air tersebut menyebabkan perubahan zat-zat makro bertambah sehingga terjadi pembelahan dan pembesaran sel seperti tinggi bibit. Hasil uji polinomial ortogonal pada **Gambar 3** menunjukkan kurva yang akan semakin menurun terhadap tinggi bibit ketika biji direndam lebih dari 26,4 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian **Patel et al. (2018)** bahwa perendaman biji Red Sanders (*Pterocarpus santalinus* L.) selama 24 jam dapat memberikan hasil tinggi bibit yang lebih optimal.



Gambar 3. Pengaruh lama perendaman GA_3 terhadap tinggi bibit johar

Berat brangkasan segar bibit

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara faktor konsentrasi dan lama perendaman GA_3 , namun lama perendaman GA_3 memberikan pengaruh nyata terhadap berat brangkasan segar bibit. Berdasarkan hasil uji polinomial ortogonal menunjukkan bahwa berat brangkasan segar bibit johar memberikan respons kuadrat dari pemberian GA_3 . Koefisien determinasi (R^2) yang dihasilkan pada uji ini adalah 0,078 menunjukkan bahwa sumbangan pengaruh lama perendaman GA_3 terhadap berat brangkasan segar bibit hanya 7,8%.

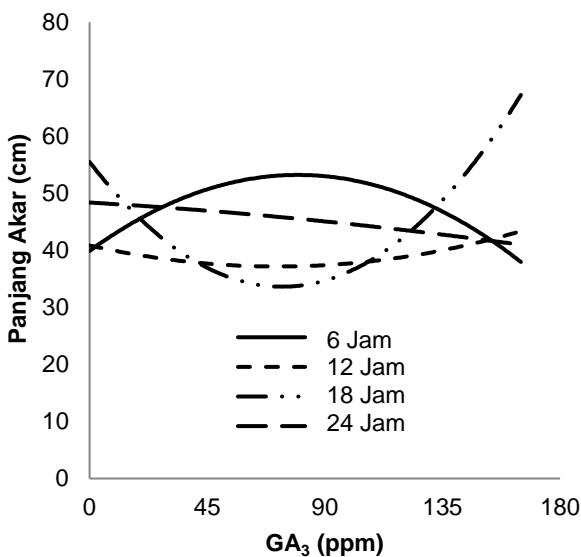


Gambar 4. Pengaruh lama perendaman GA_3 terhadap berat brangkasan segar bibit johar

Berat brangkasan segar bibit johar mulai meningkat sebesar 45,05 g ketika direndam dalam GA₃ selama 18,16 jam (Gambar 4). Perendaman tersebut memberikan ruang bagi benih johar untuk melakukan imbibisi secara optimal sehingga aktivitas fisiologis tanaman baik. Perlakuan lama perendaman GA₃ secara langsung pada benih johar ini merupakan teknik invigorasi benih melalui imbibisi air secara terkontrol. Hal ini berarti perendaman GA₃ eksogen selama 18,16 jam pada tanaman mampu memberikan hasil yang optimum pada pertumbuhan vegetatif sehingga terjadi penambahan berat segar tanaman. Asam giberelat yang diberikan pada benih memberikan pengaruh yang besar pada perpanjangan ruas yang berhubungan dengan pertumbuhan sel-sel tanaman (Li et al. 2020; Siregar 2017; Suhendra et al. 2021). Berat segar ini dapat digambarkan pertumbuhan tanaman yang subur disebabkan oleh pembelahan sel yang meningkat.

Panjang akar

Berdasarkan uji keragaman menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman GA₃ mempengaruhi secara nyata pada panjang akar bibit johar. Uji lanjut polinomial ortogonal menyatakan panjang akar bibit johar memberikan respons kuadratik terhadap aplikasi GA₃ (Gambar 5). Uji ini juga menghasilkan koefisien determinasi (R²) tertinggi sebesar 0,557 pada perendaman selama 18 jam. Hal ini menunjukkan ada sumbangan pengaruh interaksi konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap panjang akar sebesar 55,74%.



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap panjang akar bibit johar

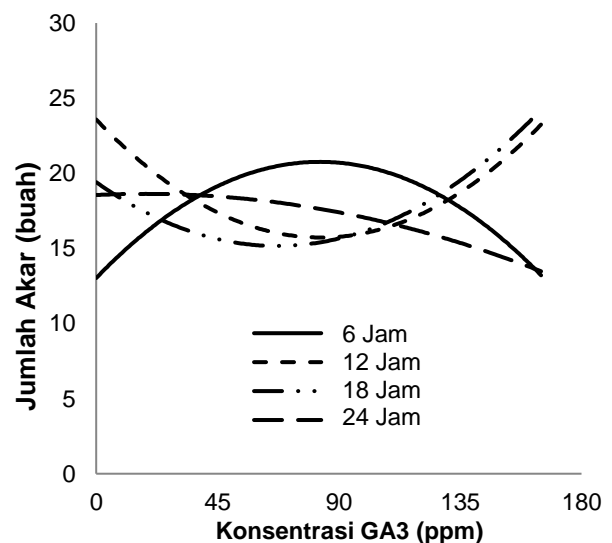
Berdasarkan kurva uji polinomial ortogonal, pemberian GA₃ pada biji johar yang direndam selama 6 jam menunjukkan konsentrasi optimum 79,89 ppm mampu menghasilkan panjang akar bibit sebesar 52,19 cm. Konsentrasi asam giberelat ini merupakan konsentrasi yang optimal yang diberikan pada perlakuan dengan waktu lama perendaman. Tampubolon et al.

(2016) menyatakan bahwa asam giberelat didifusikan ke lapisan aleuron yang mana dibuat enzim-enzim hidrolitik (alfa amilase, protease, beta gluconase, fosfatase). Enzim ini dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman. Hasil ini juga sejalan dengan penelitian Rout et al. (2017) bahwa pemberian konsentrasi GA₃ 50-100 ppm pada biji *Cassia fistula* dapat meningkatkan panjang akar karena perendaman dengan GA₃ dapat mengubah aktivitas di dalam sel tanaman menjadi cepat.

Uji polinomial ortogonal pada variabel ini juga menunjukkan pada konsentrasi GA₃ sebesar 74,21 ppm dengan perendaman biji selama 18 jam menghasilkan panjang akar terendah yaitu 33,47 cm. Hal ini menunjukkan bahwa ketika benih johar direndam GA₃ selama 18 jam dengan konsentrasi tersebut akan memberikan respons negatif terhadap panjang akar sehingga menurunkan hasil panjang akar bibit johar. Kurva tersebut juga menunjukkan bahwa benih yang direndam dengan GA₃ terlalu lama akan memperlambat aktivitas sel sehingga panjang akar yang dihasilkan tidak optimal (Wahyuni et al. 2021). Hal ini sesuai dengan pernyataan Asra (2014) bahwa perendaman benih pada GA₃ yang terlalu lama akan menyebabkan imbibisi benih berlebihan dan lambat sehingga alfa amilase kurang terbentuk dan proses perombakan pati (amilase dan amilopektin) terhambat.

Jumlah akar

Interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman GA₃ yang diuji keragaman menunjukkan bahwa interaksinya dapat mempengaruhi jumlah akar bibit johar. Berdasarkan uji lanjut polinomial ortogonal, jumlah akar memberikan respons kuadratik terhadap pemberian GA₃ (Gambar 6). Koefisien determinasi (R²) tertinggi yang dihasilkan pada uji ini terdapat pada lama perendaman 6 jam sebesar 0,483. Angka ini menunjukkan bahwa sumbangan pengaruh interaksi konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap jumlah akar sebesar 48,3%.



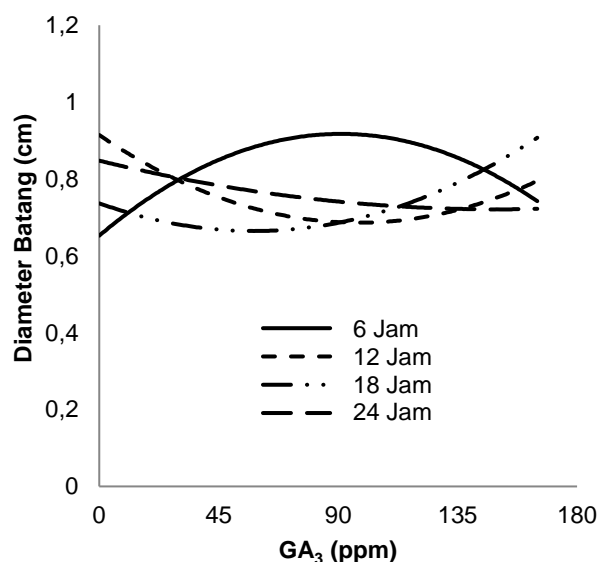
Gambar 6. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA₃ terhadap jumlah akar bibit johar

Uji polinomial ortogonal menunjukkan bahwa konsentrasi optimum GA_3 84,68 ppm dengan perendaman selama 6 jam mampu meningkatkan 20,91 akar bibit johan (Gambar 6). Penelitian ini didukung oleh pernyataan Sun et al. (2010) yang menyatakan bahwa perendaman kurang dari 12 jam biji Asparagus dengan konsentrasi GA_3 sebesar 50 ppm dapat meningkatkan jumlah akar, biomassa segar dan kering tanaman. Hal ini terjadi karena adanya elongasi atau pembelahan sel serta pertumbuhan meristematik, sehingga jumlah akar semakin banyak.

Kurva jumlah akar pada uji ini juga menunjukkan bahwa perendaman biji johan selama 24 jam dengan konsentrasi 70,38 ppm menghasilkan jumlah akar sebesar 14,94. Benih johan yang direndam terlalu lama pada konsentrasi giberelin yang kurang tepat menyebabkan imbibisi air pada benih menjadi berlebih. Benih yang direndam asam giberelat dengan lama perendaman selama 6 jam akan menghasilkan jumlah akar yang banyak sehingga volume akar menjadi optimal. Hal ini didukung juga oleh pernyataan Nurahmi et al. (2010) bahwa volume akar berbanding lurus dengan jumlah akar tanaman dalam hal menyuplai air dan mineral.

Diameter batang

Hasil uji polinomial ortogonal menunjukkan bahwa interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman GA_3 mempengaruhi diameter batang bibit johan secara nyata. Uji polinomial ortogonal ini menghasilkan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,5775 pada perendaman selama 6 jam. Hal ini berarti bahwa sumbangan pengaruh interaksi konsentrasi dan lama perendaman GA_3 terhadap diameter batang sebesar 57,75%.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman GA_3 terhadap diameter batang bibit johan

Kurva polinomial ortogonal penelitian ini menunjukkan bahwa perendaman biji johan selama 6 jam dengan GA_3 pada konsentrasi 96,67 ppm mencapai titik optimum tertinggi diameter batang sebesar 0,93 cm

(Gambar 7). Penelitian bibit johan ini juga didukung dengan hasil penelitian Al-Kahattab (2017) bahwa pemberian GA_3 dengan konsentrasi 100 ppm pada biji Olive (*Olea europaea* L.) dapat meningkatkan diameter batang, indeks luas daun, dan jumlah klorofil pada daun. Perluasan diameter batang ini disebabkan oleh adanya perluasan dinding sel pada konsentrasi GA_3 optimum. Interaksi antara konsentrasi dan lama perendaman ini akan memaksimalkan asam giberelat yang diujikan sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan bibit johan diantaranya yaitu banyaknya ruas batang atau diameter batang.

Biji johan yang direndam selama 12 jam dengan GA_3 konsentrasi 117,5 ppm menghasilkan diameter batang terendah yaitu 0,63 cm. Hal ini terjadi karena benih terlalu banyak menyerap asam giberelat sehingga kandungan giberelin pada tanaman menjadi berlebih, sehingga pembelahan, pembesaran, dan diferensiasi sel tidak optimal. Tombegavani et al. (2020) menambahkan perendaman benih dalam larutan giberelin dapat menyebabkan pelunakan kulit benih sehingga benih akan lebih permeabel terhadap air dan oksigen.

KESIMPULAN

Konsentrasi GA_3 50,28 ppm mampu mematahkan dormansi biji johan dengan persentase perkecambahan 43,03%. Pengaruh interaksi perendaman GA_3 (79,89 ppm) selama 6 jam mampu meningkatkan panjang akar sebanyak 52,19 cm, GA_3 (84,68 ppm) mampu menghasilkan jumlah akar sebanyak 20,91 serta GA_3 (96,67 ppm) mampu meningkatkan diameter batang 0,93 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Hawezy SMN. 2015. The role of the different concentrations of GA_3 on seed germination and seedling growth of loquat (*Eriobotrya japonica* L.). Zanco J Pure Appl Sci. 27(4):65–70.
- Al-Kahattab AKA. 2017. Effect of GA_3 and BRs spray on growth and leaf mineral content of olive transplants. IOSR J Agric Vet Sci. 10(8):74–78.
- Ali F, Qanmber G, Li F, Wang Z. 2021. Updated role of ABA in seed maturation, dormancy, and germination. J Adv Res. (157). <https://doi.org/10.1016/j.jare.2021.03.011>.
- Asra R. 2014. Pengaruh hormon giberelin (GA_3) terhadap daya kecambah dan vigoritas *Calopogonium caeruleum*. Biospecies. 7(1):29–33.
- Dharma IPES, Samudin S, Adrianton. 2015. Perkecambahan benih pala (*Myristica fragrans* Houtt.) dengan metode skarifikasi dan perendaman ZPT alami. Agrotekbis. 3(2):158–167.
- El Hamdaoui A, Mechqoq H, El Yaagoubi M, Bouglad A, Hallouti A, El Mousadik A, El Aouad N, Aumar A, Msanda F. 2021. Effect of pretreatment, temperature, gibberellin (GA_3), salt and water stress on germination of *Lavandula mairei* Humbert. J Appl Res Med Aromat Plants. 24:100314. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2021.100314>.

- Farida F. 2018. Pengaruh lama perendaman dalam larutan kimia terhadap sifat dormansi biji aren (*Arenga pinnata* Wurmb Merr). *J Pertan Terpadu*. 6(1):21–29. <https://dx.doi.org/10.36084/jpt.v6i1.139>.
- Fujianti R, Wijaya W, Wahyuni S. 2018. Pengaruh perendaman pada berbagai konsentrasi larutan giberelin (GA₃) terhadap perkecambahan benih palem merah (*Cyrtostachys renda*). *Agros Wagati J Agron*. 6(2):744–750.
- Hernández-garcía J, Briones-moreno A, Blázquez MA. 2021. Origin and evolution of gibberellin signaling and metabolism in plants. *Semin Cell Dev Biol*. 109:46–54. <https://doi.org/10.1016/j.semcdb.2020.04.009>.
- Isrianto PL. 2017. Pengaruh gibereline organik terhadap pertumbuhan tanaman keji beling. *Bioma J Biol Pembelajaran Biol*. 2(1):23–37.
- Khasanah FU, Pitoyo ARI, Etikawati N, Mudyantini W. 2021. Exogenous application of paclobutrazol promotes water-deficit tolerance in pepper (*Capsicum annuum*). *Cell Biol Dev*. 5(1):1–6.
- Kurniati F, Hadiyah I, Hartoyo T, Nurfalah I. 2018. Respons labu madu (*Cucurbita moschata* Dusch) terhadap zat pengatur tumbuh alami berbagai dosis. *Agrotechnology Res J*. 2(1):16–21. <https://dx.doi.org/10.20961/agrotechresj.v2i1.19466>.
- Labbafi MR, Mehrafarin A, Badi HN, Ghorbani M, Tavakoli M. 2018. Improve germination of caper (*Capparis spinosa* L.) seeds by different induction treatments of seed dormancy breaking. *Trakia J Sci*. 16(1):70–74. <http://dx.doi.org/10.15547/tjs.2018.01.011>.
- Li Q, Zhou Y, Xiong M, Ren X, Han L, Wang J, Zhang C, Fan X, Liu Q. 2020. Gibberellin recovers seed germination in rice with impaired brassinosteroid signalling. *Plant Sci*. 293:110435. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2020.110435>.
- Munadi E. 2017. Tanaman obat, sebuah tinjauan singkat. In: Salim Z, Munadi E, editors. *Info komoditi tanaman obat*. Jakarta (ID): Badan Pengkajian dan Pengembangan Perdagangan Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. p. 1-8.
- Ningrum DW, Kusri D, Fachriyah E. 2017. Uji aktivitas antioksidan senyawa flavonoid dari ekstrak etanol daun johar (*Senna siamea* Lamk). *J Kim Sains dan Apl*. 20(3):123–129. <https://dx.doi.org/10.14710/jksa.20.3.123-129>.
- Nurahmi E, Hereri AI, Afriansyah A. 2010. Viabilitas benih pala (*Myristica fragrans* Houtt) pada beberapa tingkat skarifikasi dan konsentrasi air kelapa muda. *J Agrista*. 14(2):51–55.
- Patel HS, Tandel MB, Prajapati VM, Amlani MH, Prajapati DH. 2018. Effect of different pre-sowing treatments on germination of red sanders (*Pterocarpus santalinus* L. f.) in net house condition. *Int J Chem Stud*. 6(2):876–879.
- Pertiwi NM, Tahir M, Same M. 2016. Respons pertumbuhan benih kopi robusta terhadap waktu perendaman dan konsentrasi giberelin (GA₃). *J Agro Ind Perkeb*. 4(1):1–11.
- Rout S, Beura S, Khare N, Patra SS, Nayak S. 2017. Effect of seed pre-treatment with different concentrations of gibberellic acid (GA₃) on seed germination and seedling growth of *Cassia fistula* L. *J Med Plants Stud*. 5(6):135–138.
- Sarkar MD, Shahjahan M, Kabir K, Shihab AY, Sayem ANM. 2018. Morphological performance of onion under exogenous treatments of GA₃. *Not Sci Biol*. 10(1):33–37. <https://dx.doi.org/10.15835/nsb10110087>.
- Siregar HA. 2017. Pengaruh giberelin (GA₃) terhadap mutu fisik tandan buah segar kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) [skripsi]. Bogor (ID): Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Suhendra D, Efendi S, Aisyah S, Saragih S. 2021. Seed vigor testing of coffee [*Coffea* sp.] to gibberellin hormone [GA₃] concentration and water temperature differences. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 741(1):012004. <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/741/1/012004>.
- Sun Y-Y, Sun Y-J, Wang M-T, Li X-Y, Guo X, Hu R, Ma J. 2010. Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. *Acta Agron Sin*. 36(11):1931–1940. [https://dx.doi.org/10.1016/S1875-2780\(09\)60085-7](https://dx.doi.org/10.1016/S1875-2780(09)60085-7).
- Tampubolon A, Mardiansyah M, Arlita T. 2016. Perendaman benih saga (*Adenanthera pavonina* L.) dengan berbagai konsentrasi air kelapa untuk meningkatkan kualitas kecambah. *J Online Mhs Fak Pertan Univ Riau*. 3(1):1–6.
- Tombegavani SS, Zahedi B, Mousavi Fard S, Ahmadpour A. 2020. Response of germination and seedling growth of pepper cultivars to seed priming by plant growth regulators. *Int J Horticult Sci Technol*. 7(1):59–68.
- Wahyuni AN, Irmadamayanti A, Padang IS. 2021. The effect of gibberellins soaking duration on germination frequency and growth of true shallot seed in the nursery. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 762(1):012072. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/762/1/012072>.