

Pengaruh spektrum cahaya dan giberelin terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

Muhammad Isbatullah^{1*}, Eka Sukmawaty¹, Masriany¹, Selis Meriem¹

¹Program Studi Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jl. Sultan Alauddin No. 63, Gowa, Sulawesi Selatan, Indonesia. 92113

*E-mail: isbatullah2001@gmail.com

Abstrak: Perkecambahan merupakan proses awal yang penting bagi tumbuhan berbiji. Beberapa perlakuan khusus dilakukan untuk mematahkan dormansi dan merangsang perkecambahan pada biji. Tujuan penelitian ini mengetahui pengaruh spektrum cahaya tampak dan hormon giberelin (GA3) dalam menginisiasi perkecambahan kacang hijau. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) pada tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor tunggal cahaya merah berpengaruh terhadap pertumbuhan radikula dan plumula kecambah, sedangkan faktor tunggal GA3 pada konsentrasi 75 ppm berpengaruh pada panjang radikula. Kombinasi perlakuan cahaya merah dan 75 ppm GA3 menunjukkan hasil terbaik terhadap pemanjangan radikula pada waktu pengamatan 12 jam. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini dapat dijadikan rujukan untuk meningkatkan efisiensi perkecambahan tanaman kacang hijau.

Kata Kunci: cahaya tampak, dormansi, giberelin, perkecambahan, *Vigna radiata* L.

Abstract: Germination is an important initial process for seed-bearing plants. Several special treatments are carried out to break dormancy and stimulate seed germination. The aim of this study is to determine the effect of visible light spectrum and gibberellin hormone (GA3) on initiating the germination of mung beans. This research uses an experimental method with a completely randomized design (CRD) on mung bean plants (*Vigna radiata* L.). The results of the study showed that the single factor of red light influenced the growth of radicles and plumules of seedlings, while the single factor of GA3 at a concentration of 75 ppm affected the length of radicles. The combination of red light treatment and 75 ppm GA3 showed the best results for radicle elongation at the 12-hour observation time. The results obtained in this study can be used as a reference to improve the efficiency of mung bean germination.

Keywords: visible light, dormancy, gibberellin, germination, *Vigna radiata* L.

PENDAHULUAN

Perkecambahan merupakan tahapan awal pertumbuhan suatu tanaman berbiji. Secara morfologi perkecambahan adalah tumbuh dan berkembangnya radikula dan plumula dari suatu biji (Kaya & Rehatta, 2013). Perkecambahan secara umum dipengaruhi oleh dua faktor. Faktor pertama adalah faktor yang berasal dari biji seperti pengaruh genetik biji dan hormon, sedangkan faktor kedua berasal dari lingkungan sekitar biji seperti kandungan nutrisi tanah, cahaya, air, temperatur, pH tanah, dan lain sebagainya (Lestari et al., 2021). Adanya faktor-faktor yang dapat menyebabkan kegagalan pada proses perkecambahan maka perlu adanya upaya yang dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan proses perkecambahan pada biji yang akan ditanam.

Pada era modern ini, telah dilakukan berbagai metode untuk meningkatkan pertumbuhan biji, salah satunya dengan metode *priming*. Metode ini dilakukan dengan cara merendam biji dengan larutan tertentu selama kurun waktu tertentu sebelum biji ditanam. Terdapat beberapa jenis *priming* yang digunakan, yaitu *hydro priming*, *osmo*

Cara Sitasi:

Isbatullah, M., Sukmawaty, E., Masriany, M., Meriem, S. (2024). Pengaruh spektrum cahaya dan giberelin terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Teknosains: Media Informasi dan Teknologi*, 18(2), 155-162. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v18i2.45735>

Diajukan 16 Februari 2024; Ditinjau 29 April 2024; Diterima 17 Desember 2024; Diterbitkan 04 Januari 2025

Copyright © 2025. The authors. This is an open access article under the CC BY-SA license

priming, *halo priming*, dan *hormonal priming* (Agustiansyah et al., 2022). *Hydro priming* merupakan metode yang menggunakan air untuk merendam biji (Lemmens et al., 2019). *Osmo priming* merupakan metode yang menggunakan larutan gula (Lutts et al., 2016). *Halo priming* menggunakan larutan garam anorganik seperti NaCl atau garam mineral lainnya (Karimi & Varyani, 2016). *Hormonal priming* merupakan metode yang menggunakan hormon tanaman untuk merendam biji contohnya hormon giberelin (Nawaz et al., 2013). Secara umum perlakuan biji ini memiliki beberapa tujuan, diantaranya untuk mematahkan dormansi, memudahkan memilih biji yang berkualitas, merangsang pertumbuhan radikula dan plumula, serta mencegah terjadinya kerusakan biji akibat serangan hama dan penyakit di awal pertumbuhan biji (Nigam et al., 2018).

Hormonal priming merupakan metode *priming* yang telah dikenal oleh masyarakat. Penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) menjadi faktor utama keberhasilan metode ini. Pada konsentrasi tertentu ZPT mampu merangsang, menghambat, atau mengatur metabolisme pada pertumbuhan awal tanaman. Giberelin atau GA3 merupakan salah satu senyawa yang berperan penting pada pertumbuhan awal biji. GA3 diduga berperan menggantikan kebutuhan cahaya dan temperatur yang diperlukan bagi perkecambahan. Selain berperan merangsang perkecambahan biji, GA3 juga berperan mengendalikan pertumbuhan tanaman (Salmah, 2018).

Cahaya merupakan salah satu faktor eksternal yang dapat memengaruhi perkecambahan dan pertumbuhan suatu tanaman. Penelitian terdahulu juga telah membuktikan bahwa spektrum cahaya tertentu dapat mempengaruhi perkecambahan suatu biji. Secara umum, cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang memiliki spektrum cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu. Warna cahaya tergantung pada panjang gelombang dan frekuensi cahaya tersebut. Warna dengan kisaran panjang gelombang 400 nm-750 nm dikenal spektrum cahaya tampak yang sensitif terhadap mata kita (Hasanah et al., 2018).

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) merupakan salah satu komoditas palawija yang memiliki kandungan gizi yang sangat baik dan lengkap. Kacang hijau mengandung 323 kalori, 22,9 g protein, dan mengandung lemak 1,1-2% yang lebih rendah dari komoditas kacang-kacangan lainnya serta mengandung vit. B1 yang baik untuk ibu menyusui (Sari et al., 2020). Di Indonesia, kacang hijau menempati urutan ketiga setelah kedelai dan kacang tanah sebagai tumbuhan kacang-kacangan yang banyak dibudidayakan. Selain itu, kacang hijau juga merupakan komoditas ekspor yang menjanjikan. Hal tersebut didukung oleh data BPS yang menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada nilai ekspor kacang hijau selama kurun waktu 2016-2022. Namun, kondisi tersebut berbanding terbalik dengan produksi kacang hijau yang terus menurun setiap tahunnya. Hal tersebut diduga akibat kurangnya minat petani untuk menanam kacang hijau dan hilangnya hasil panen akibat cara panen yang masih tradisional (Ningsih et al., 2022).

Pemberian perlakuan tunggal cahaya dan GA3 pada penelitian terdahulu telah terbukti dapat memberikan respon terhadap perkecambahan dan pertumbuhan biji suatu tanaman. Namun, dalam penelitian ini, peneliti mencoba untuk mengombinasikan perlakuan cahaya tampak dan GA3 yang belum pernah diteliti sebelumnya. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh spektrum cahaya tampak dan GA3 dalam menginisiasi perkecambahan kacang hijau. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi untuk mengoptimalkan perkecambahan pada biji tumbuhan komoditas pertanian dan perkebunan yang memiliki tingkat perkecambahan yang rendah sehingga dapat meningkatkan keberhasilan dan pendapatan pada sektor pertanian.

METODE PENELITIAN

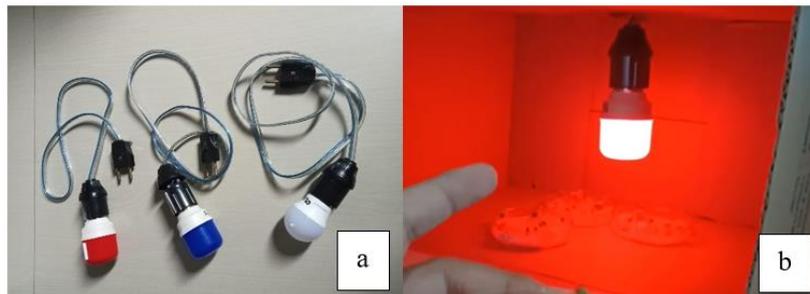
Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset II, Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar pada bulan Juni 2023. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rangkaian rancangan acak lengkap (RAL). Sampel yang digunakan adalah kacang hijau (*Vigna radiata* L.) yang diberikan perlakuan cahaya dan perendaman dengan GA3. Cahaya tampak yang digunakan terdiri dari tiga taraf, yaitu merah, biru dan putih. Perlakuan perendaman menggunakan GA3 dengan variasi konsentrasi 50 ppm, 75 ppm, dan 100 ppm serta perlakuan kontrol menggunakan akuades 0 ppm.

Alat yang digunakan, yaitu cawan petri, kardus, neraca analitik, *laminar air flow* (LAF) lampu warna merah, biru dan putih, pinset, penggaris, gunting, kabel, colokan listrik, *fitting* lampu, gelas beaker, pipet tetes atau spoit dan kamera. Bahan yang digunakan yaitu biji kacang hijau, kapas, akuades, hormon giberelin, aluminium foil dan label.

Tahapan penelitian meliputi tahap pembuatan instrumen inkubator, perlakuan perendaman dan cahaya, dan analisis data. Metode yang digunakan adalah komninas dari penelitian Lestari et al., (2021) dan Salmah (2018) yang telah dimodifikasi. Masing-masing tahapan sebagai berikut:

a. Pembuatan instrumen inkubator

Kabel, colokan listrik dan *fitting* lampu dirangkai mengikuti Gambar 1.a. Kemudian rangkaian colokan lampu dirakit di dalam kardus mengikuti gambar 1.b.



Gambar 1. Rangkaian Instrumen inkubator, a) Rangkaian lampu dan b) Inkubator

b. Perlakuan perendaman dan cahaya

Biji kacang hijau direndam di dalam larutan hormon giberelin 0 ppm, 50 ppm, 75 ppm, dan 100 ppm selama 30 menit. Kemudian biji yang tenggalam digunakan sebagai sampel dan ditanam pada cawan petri dengan media kapas yang telah dibasahi dengan masing-masing konsentrasi larutan. Selanjutnya cawan petri yang berisi biji dimasukkan ke dalam inkubator. Pengukuran perkecambah meliputi panjang radikula dan plumula dilakukan pada 12 jam, 24 jam, 36 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah tanam.

c. Analisis data

Data dianalisis menggunakan Two-Way ANOVA. Jika terdapat hasil yang signifikan maka diuji lanjut dengan uji Tukey. Data dianalisis menggunakan IBM versi 25.0 pada $\alpha = 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa cahaya merah mampu memberikan pengaruh yang paling signifikan dibandingkan warna putih dan biru terhadap panjang radikula dan plumula kecambah kacang hijau. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Lestari et al.,

(2021) dan Hasanah et al., (2018) bahwa spektrum cahaya merah adalah cahaya yang memberikan pertumbuhan terbaik pada perkecambahan kacang hijau. Adapun hasil penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh cahaya terhadap panjang radikula kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

Waktu Pengamatan	Cahaya		
	Putih	Merah	Biru
12 jam	0.69 a	0.89 b	0.52 a
24 jam	1.35 a	1.73 b	1.24 a
36 jam	1.84 a	2.49 b	1.79 a
48 jam	3.02 a	4.38 b	2.60 a

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda

Tabel 2. Pengaruh cahaya terhadap panjang plumula kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

Waktu Pengamatan	Cahaya		
	Putih	Merah	Biru
48 jam	0.12 a	0.32 b	0.03 a
72 jam	0.16 a	1.09 b	0.31 a

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 1 dan Tabel 2, perlakuan faktor tunggal cahaya berpengaruh nyata terhadap panjang radikula dan panjang plumula kacang hijau dengan perlakuan cahaya yang terbaik adalah cahaya merah. Sejalan dengan penelitian sebelumnya bahwa pemaparan cahaya merah terhadap biji kacang hijau memberikan hasil pertumbuhan terbaik pada perkecambahan kacang hijau dibandingkan spektrum cahaya lainnya karena biji kacang hijau memiliki fitokrom yang sensitif terhadap cahaya merah (Hasanah et al., 2018; Lestari et al., 2021). Hal tersebut dikarenakan spektrum cahaya merah berada pada panjang gelombang 620-750 nm yang menjadi spektrum cahaya yang paling efektif diserap oleh klorofil untuk melakukan fotosintesis dan pertumbuhan (Handoko & Fajariyanti, 2013; Naomi et al., 2018).

Pada kacang hijau terdapat fitokrom cahaya yaitu protein pada kromatofora yang mirip fikosianin. Fitokrom tersebut memiliki struktur yang *reversible* yang mampu menyerap energi cahaya merah sesuai dengan cahaya yang dibutuhkan untuk perkecambahan dan pertumbuhan kacang hijau (Erviani, 2012). Fitokrom berfungsi sebagai reseptor cahaya. Fitokrom memiliki dua bentuk *photo-interconvertible*, yaitu fitokrom merah (Pr) dan fitokrom cahaya merah jauh (Pfr). Pr menyerap energi cahaya merah pada panjang gelombang 660 nm dan akan dikonversi menjadi Pfr, sedangkan Pfr menyerap cahaya merah jauh pada panjang gelombang 730 nm dan akan dikonversi menjadi Pr. Tumbuhan menggunakan Pfr untuk mendeteksi cahaya matahari dan mengetahui kualitas cahayanya. Adanya Pfr memicu banyak respon pertumbuhan tanaman terhadap cahaya salah satunya mengakhiri dormansi biji dan memicu perkecambahan (Agustin, 2020; Campbell et al., 2010). Peneliti menyimpulkan bahwa cahaya merah yang diberikan pada penelitian ini menginduksi perubahan Pfr menjadi Pr sehingga kondisi tersebut memicu gen-gen yang berkontribusi dalam proses germinasi serta memaksimalkan reaksi fotosintesis untuk pertumbuhan kecambah.

Pada spektrum warna biru, tanaman kacang hijau dapat tumbuh namun tidak secepat laju pertumbuhan pada spektrum merah. Hal tersebut disebabkan energi cahaya biru hanya diserap oleh karotenoid dan klorofil-b. Karotenoid dan klorofil-b merupakan pigmen yang terdapat dalam kloroplas dan dibutuhkan oleh tanaman. Energi cahaya yang diserap oleh karotenoid dan klorofil-b selanjutnya akan ditransfer ke klorofil-a dan digunakan pada reaksi fotosintesis (Lestari et al., 2021; Naomi et al., 2018). Adanya

proses tersebut yang memungkinkan adanya pertumbuhan pada kecambah kacang hijau yang terpapar cahaya biru.

Pada perlakuan dengan cahaya putih juga ditemukan adanya pertumbuhan dari kecambah kacang hijau namun laju pertumbuhannya juga lebih rendah dari cahaya merah. Cahaya putih adalah cahaya polikromatik karena terdiri dari banyak warna dan panjang gelombang. Warna-warna tersebut adalah warna dari cahaya tampak yang jika cahaya putih terdispersi akan memperlihatkan warna-warna seperti warna pelangi (Hakim et al., 2018). Adanya pertumbuhan pada perlakuan cahaya putih diduga karena sebagian energi cahaya mampu diserap oleh daun kecambah dan sebagian dipantulkan kembali. Hal tersebut didukung oleh Hasanah et al., (2018) bahwa pada proses fotosintesis Klorofil-a mampu menyerap cahaya merah (620-750 nm) dan biru (450-495 nm) serta memantulkan cahaya hijau (495-570 nm) karena klorofil a terlihat hijau. Klorofil b menyerap cahaya biru dan jingga (590-620) serta memantulkan cahaya hijau-kuning (495-590). Karotenoid menyerap hanya menyerap cahaya biru. Fajrin et al., (2023) juga menyatakan bahwa spektrum cahaya putih adalah representasi seluruh gelombang warna dengan proporsi yang paling seimbang termasuk di dalamnya gelombang cahaya merah dan biru sehingga dapat memenuhi kebutuhan cahaya tanaman untuk pembentukan klorofil dan fotosintesis. Ermawati et al., (2012) mengatakan penambahan cahaya warna putih menyebabkan stomata membuka lebih lebar pada malam hari, sehingga mengoptimalkan pertukaran gas pada proses fotosintesis dan respirasi yang berdampak pada laju pertumbuhan tanaman.

Adapun hasil pengamatan perlakuan faktor tunggal hormon GA₃ hanya berpengaruh nyata terhadap panjang radikula kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada pengamatan 12-jam dengan konsentrasi terbaik 75 ppm dengan rata-rata panjang radikula 1.01 cm. Pada pengamatan 24, 36 dan 48 jam menunjukkan perbedaan tidak nyata pada perlakuan 0 ppm, 75 ppm dan 100 ppm sedangkan perlakuan 50 ppm berbeda nyata dengan perlakuan 75 ppm. Sedangkan perlakuan 75 ppm masih menunjukkan panjang radikula yang terbaik. Namun, GA₃ tidak berpengaruh nyata pada panjang plumula kecambah kacang hijau. Hasil penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh perendaman GA₃ terhadap panjang radikula kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

Waktu Pengamatan	GA ₃			
	0 ppm	50 ppm	75 ppm	100 ppm
12 jam	0.79 b	0.37 a	1.01 c	0.63 b
24 jam	1.45 ab	1.04 a	1.83 b	1.43 ab
36 jam	2.13 ab	1.66 a	2.39 b	1.97 ab
48 jam	3.45 ab	2.83 a	3.95 b	3.09 ab

Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda

Tabel 4. Pengaruh GA₃ terhadap panjang plumula kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

Waktu Pengamatan	GA ₃			
	0 ppm	50 ppm	75 ppm	100 ppm
48 jam	0.56 a	0.39 a	0.75 a	0.37 a
72 jam	0.13 a	0.10 a	0.24 a	0.15 a

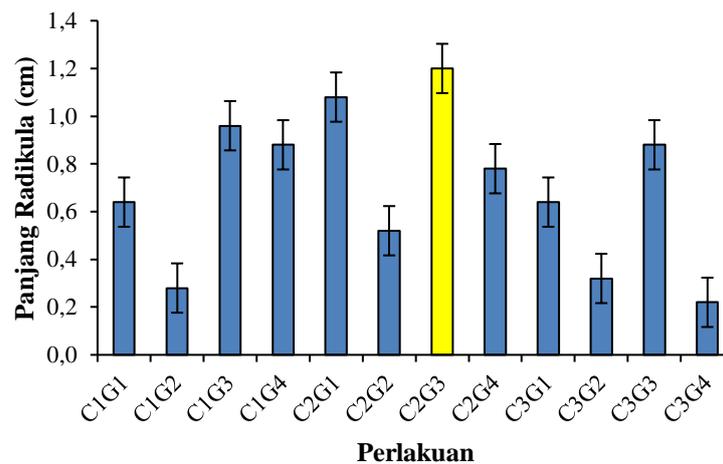
Keterangan: Notasi yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda

Berdasarkan hasil pengamatan pada Tabel 3 dan Tabel 4, faktor tunggal hormon GA₃ berpengaruh nyata terhadap panjang radikula kacang hijau pada pengamatan 12 jam dengan konsentrasi terbaik 75 ppm. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Murrinie et al., (2021) yang menyatakan bahwa aplikasi hormon GA₃ konsentrasi 75 ppm pada kecambah Kawista (*Feronia Limonia* (L.) Swingle) dan penelitian Nirmala (2019) pada perkecambahan biji jeruk (*Citrus limonia* Osbeck) kultivar Japansche

Citroen terhadap panjang radikula dan plumula menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan karena apabila konsentrasi perlakuan hormon GA3 sesuai pada suatu kecambah tanaman maka perkembangan dan pertumbuhan kecambah juga akan optimal.

Kandungan giberelin akan berpengaruh terhadap perkembangan dan perkecambahan biji. GA3 berdifusi ke dalam lapisan aleuron biji yang akan mengaktifkan enzim-enzim hidrolitik (α -amilase, protease, β -glukonase, dan fosfatase). Enzim-enzim tersebut kemudian berdifusi ke endosperm menjadi glukosa dan asam amino yang membantu pertumbuhan embrio pada biji. Selain itu GA3 juga merangsang proteinase mengubah protein menjadi asam amino dan lipase akan mengubah lemak menjadi asam lemak dan gliserol terlarut. Perubahan cadangan makanan menjadi zat-zat yang lebih sederhana menyebabkan distribusi nutrisi merata ke seluruh biji sehingga biji dapat berkecambah (Un et al., 2018). GA3 juga berperan meningkatkan pembelahan sel, pemanjangan batang, serta perkembangan bunga dan buah (Asra et al., 2014). Sehingga dapat disimpulkan bahwa GA3 sebagai zat pengatur tumbuh dapat berperan pada semua tahap dan fase pertumbuhan tanaman.

Faktor ganda cahaya tampak dengan GA3 juga menunjukkan pengaruh yang signifikan pada panjang radikula kecambah setelah 12 jam pengamatan. Adapun hasil penelitian seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh interaksi cahaya dan GA₃ terhadap panjang radikula setelah 12 jam pengamatan. Data menunjukkan signifikansi pada p value <0.05. Ket: C1 = Cahaya putih, C2= Cahaya merah, C2= Cahaya biru, G1=0 ppm GA₃, G2=50 ppm GA₃, G3=75 ppm GA₃, G4=100 ppm GA₃

Berdasarkan hasil analisis statistik pada Gambar 2, terjadi interaksi pengaruh spektrum cahaya tampak dan GA3 terhadap panjang radikula setelah 12 jam pengamatan. Perlakuan terbaik yaitu pada kombinasi perlakuan C2G3 (cahaya merah dan 75 ppm hormon GA3) dibandingkan dengan perlakuan lainnya dan kontrol. Hal ini disebabkan karena pada perlakuan tersebut terjadi interaksi antara perlakuan cahaya merah dan hormon GA3 75 ppm yang meningkatkan induksi biji untuk berkecambah. Penambahan konsentrasi 75 ppm GA3 dapat menambah konsentrasi giberelin endogen dalam biji sehingga pelepasan α -amilase dari lapisan aleuron meningkatkan degradasi pati yang tersimpan dalam endosperm menjadi glukosa (Un et al., 2018). Glukosa inilah yang pertama kali digunakan oleh meristem apikal akar untuk membentuk radikula bahkan jika dikombinasikan dengan cahaya merah maka efek perkecambahan lebih signifikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian pengaruh spektrum cahaya dan GA3 terhadap perkecambahan kacang hijau, maka dapat disimpulkan bahwa faktor tunggal cahaya dan giberelin khususnya pada cahaya merah dan konsentrasi 75 ppm GA3 berpengaruh nyata terhadap panjang radikula. Namun, pada parameter panjang plumula, hanya cahaya merah yang menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata. Faktor kombinasi atau faktor ganda khususnya pada perlakuan C2G3 atau cahaya merah dengan 75 ppm GA3 menunjukkan interaksi kombinasi perlakuan terbaik terhadap panjang radikula tanaman kacang hijau.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiansyah, A., Timotiwu, P. B., & Lutfiah, N. (2022). Pengaruh priming terhadap vigor benih kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.) yang dikedambahkan pada media dengan cekaman aluminium. *Jurnal AGRO*, 8(2), 178–187. <https://doi.org/10.15575/13458>.
- Agustin, E. K. (2020). Upaya mempercepat perkecambahan biji *Dioscorea hispida* dengan perlakuan cahaya untuk menjamin ketersediaan sumber pangan nasional. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 6(1), 643–648.
- Asra, R. (2014). Pengaruh hormon giberelin (GA 3) terhadap daya kecambah dan vigoritas *Calopogonium caeruleum*. *Biospecies*, 7(1), 29–33. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v7i1.1507>.
- Campbell, N., Jane, B., Lisa, A., Michael, L., Steven, A., Peter, V., & Robert, B. (2010). *Biologi* (8th ed.). Jakarta: Erlangga.
- Ermawati, D., Indradewa, D., & Trisnowati, S. (2012). Pengaruh warna cahaya tambahan terhadap pertumbuhan dan pembungaan tiga varietas tanaman krisan (*Chrysanthemum morifolium*) potong. *Vegetalika*, 1(3), 31–42. <https://doi.org/10.22146/veg.1354>.
- Erviani, L. (2012). *Gelombang Cahaya*. Jakarta: Erlangga.
- Fajrin, F. M., Novi Sesanti, R., Maulana, E., Sismanto, & Hamiranti, R. (2023). Pengaruh spektrum cahaya dan lama perendaman benih terhadap pertumbuhan dan hasil microgreen bunga matahari (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Horticulture Production Technology*, 1(1), 38–45. <https://doi.org/10.25181/jhpt.v1i1.3096>.
- Hakim, L., Irhamni, & Zainuddin. (2018). Penggunaan sinar monochromatic dan polychromaic pada kondisi ruang terbatas penyimpanan kacang-kacangan. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian dan Perikanan*, 143–155.
- Handoko, P., & Fajariyanti, Y. (2013). Pengaruh spektrum cahaya tampak terhadap laju fotosintesis tanaman air *Hydrilla verticillata*. *Seminar Nasional X Pendidikan Biologi FKIP UNS*, 1–9.
- Hasanah, F., Sari, M. S., Legowo, S., Saefullah, A., & Fatimah, S. (2018). Pengaruh intensitas spektrum cahaya warna merah dan hijau terhadap perkecambahan dan fotosintesis kacang hijau (*Vigna Radiata* L.). *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 4(2), 25-35. <https://doi.org/10.30870/gravity.v4i2.4030>.
- Karimi, M., & Varyani, M. (2016). Role of priming technique in germination parameters of calendula (*Calendula officinalis* L.) seeds. *Journal of Agricultural Sciences*, 61(3), 215–226. <https://doi.org/10.2298/JAS1603215K>.
- Kaya, M. E., & Rehatta, H. (2013). Pengaruh perlakuan pencelupan dan perendaman terhadap perkecambahan benih sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Agrologia*, 2(1), 10–16. <http://dx.doi.org/10.30598/a.v2i1.273>.
- Lemmens, E., Deleu, L. J., De Brier, N., De Man, W. L., De Proft, M., Prinsen, E., & Delcour, J. A. (2019). The impact of hydro-priming and osmo-priming on seedling characteristics, plant hormone concentrations, activity of selected hydrolytic enzymes, and cell wall and phytate hydrolysis in sprouted wheat (*Triticum aestivum* L.). *ACS Omega*, 4(26), 22089–22100. <https://doi.org/10.1021/acsomega.9b03210>.
- Lestari, D. I., Azizah, L. N., Nisa, K. A., Nurbaiti, U., & Fianti, F. (2021). Pengaruh spektrum cahaya terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata*). *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 3(1), 11-18. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v3i1.5986>.
- Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., S, S. K., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., Malgorzata Garnczarska, Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., S, S. K., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., & Malgorzata Garnczarska. (2016). Seed priming: New comprehensive approaches for an old

- empirical technique. *New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology*. <https://doi.org/10.5772/64420>.
- Murrinie, E. D., Sudjianto, U., & Ma'rufa, K. (2021). Pengaruh giberelin terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan semai kawista (*Feronia Limonia* (L.) Swingle). *AGRITECH*, 23(2), 183–191. <https://doi.org/10.30595/agritech.v23i2.12614>.
- Naomi, A., Pertiwi, J., Permatasari, P. A., Dini, S. N., & Saefullah, A. (2018). Keefektifan spektrum cahaya terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau (*Vigna Radiata*). *Jurnal Ilmiah Pertanian dan Pembelajaran Fisika*, 4(2), 93–102. <http://dx.doi.org/10.30870/gravity.v4i2.4036>.
- Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, G. A., Sajid, M., Subtain, M., & Shabbir, I. (2013). Seed priming a technique. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6(20), 1373–1381.
- Nigam, S. N., Jordan, D. L., & Janila, P. (2018). Improving cultivation of groundnuts. In *Achieving Sustainable Cultivation of Grain Legumes*. Cambridge: Burleigh Dodds Science Publishing.
- Ningsih, N. E., Ekowati, T., & Nurfadillah, S. (2022). Analisis daya saing kacang hijau (*Vigna radiata*) Indonesia di pasar internasional. *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*, 6(4), 1644–1654. <https://doi.org/10.21776/ub.jepa.2022.006.04.36>.
- Nirmala, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Giberelin (GA3) dan Lama Perendaman terhadap Viabilitas Jeruk (*Citrus limonia* Osbeck) Kultivar Japansche Citroen. *Skripsi*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Salmah, L. (2018). Pengaruh konsentrasi giberelin dan waktu perendaman benih terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal AGROSWAGATI*, 6(1), 657–667. <https://doi.org/10.33603/agroswagati.v6i1.1947>.
- Sari, A. M., Melani, V., Novianti, A., Dewanti, L. P., & Sa'pang, M. (2020). Formulasi dodol tinggi energi untuk ibu menyusui dari puree kacang hijau (*Vigna radiata* l), puree kacang kedelai (*Glycine max*), dan buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *Jurnal Pangan dan Gizi*, 10(2), 49–60.
- Un, V., Farida, S., & Tito, S. I. (2018). Pengaruh jenis zat pengatur tumbuh terhadap perkecambahan benih cendana (*Santalum album* Linn.). *The Indonesian Green Technology Journal*, 7(1), 27-34. <https://doi.org/10.21776/ub.igtj.2018.007.01.05>.