

## Pengaruh Ekstrak Daun Kelor (*Moringa oleifera*) sebagai Agen Priming pada Performa Perkecambahan Biji Bawang Merah

### (Effect of Moringa (*Moringa oleifera*) Leaf Extract as a Priming Agent on Shallot Seed Germination Performance)

Katriani Mantja<sup>1\*</sup>, Elkawakib Syam'un<sup>1</sup>, Muhammad Faried<sup>2</sup>

(Diterima Januari 2023/Disetujui Juni 2023)

#### ABSTRAK

Ekstrak daun kelor diketahui sebagai biostimulan yang mengandung berbagai jenis fitohormon yang dapat memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi potensi ekstrak daun kelor sebagai agen siaga (*priming*) pada performa perkecambahan biji bawang merah. Eksperimen diawali dengan penyiapan ekstrak daun, penyiagaan benih, dan pengujian perkecambahan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan ANOVA dan jika terdapat pengaruh nyata, diuji lanjut dengan uji BNJ dengan  $\alpha = 0,05$ . Data diolah menggunakan perangkat lunak RStudio versi 4.2.1. Hasilnya menyatakan bahwa penyiagaan benih dengan ekstrak daun konsentrasi 37,5% memberikan pengaruh terbaik pada semua parameter perkecambahan, meliputi rata-rata waktu perkecambahan (2,19 hari), persentase perkecambahan final (96,53%), keserempakan tumbuh benih (95,83%), koefisien velositas perkecambahan (45,85), indeks tingkat perkecambahan (50,48%/hari), indeks vigor kecambah I (790,58), indeks vigor kecambah II (31,30), panjang plumula (6,53 cm), panjang radikula (1,66 cm), bobot segar kecambah (0,32 g), dan bobot kering kecambah (0,0233 g). Disimpulkan bahwa ekstrak daun kelor berpotensi sebagai agen penyiagaan biji bawang merah.

Kata kunci: bawang merah, biji botani, daun kelor, *priming*

#### ABSTRACT

Moringa leaf extract is a biostimulant containing various phytohormones that can spur plant growth and development. This study aimed to evaluate the potential of Moringa leaf extract as a priming agent on the germination performance of shallot seeds. The experiment began with leaf extract preparation, seed priming, and germination testing. The data obtained were analyzed using ANOVA, and if there was a significant effect, further tested with the BNJ test with  $\alpha = 0.05$ . The data were processed using RStudio software version 4.2.1. The results stated that seed priming with leaf extract concentration of 37.5% had the best effect on all germination parameters, including average germination time (2.19 days), final germination percentage (96.53%), seed germination uniformity (95.83%), germination velocity coefficient (45.85), germination rate index (50.48%/day), sprout vigor index I (790.58), sprout vigor index II (31.30), plumula length (6.53 cm), radicle length (1.66 cm), sprout fresh weight (0.32 g), and sprout dry weight (0.0233 g). It was concluded that Moringa leaf extract has the potential as a priming agent for shallot seeds.

Keywords: botanical seed, moringa leaf, priming, shallot

#### PENDAHULUAN

Benih tanaman merupakan media transfer genetik yang berdampak pada produksi di lapangan. Kecepatan, keseragaman, dan pertumbuhan yang selaras menjadi parameter utama dalam produktivitas tanaman karena proses tersebut memengaruhi perkecambahan dan pertumbuhan bibit (Reed *et al.* 2022). Penggunaan benih dari biji (*true seed*) pada budi daya bawang merah masih jarang diadaptasi oleh

petani, khususnya di Indonesia. Padahal, penggunaan biji sebagai bahan tanam memiliki potensi yang lebih baik dibandingkan dengan benih umbi. Penggunaan biji botani bawang merah (TSS) lebih hemat bibit karena hanya dibutuhkan dalam jumlah sedikit, yaitu 3–7 kg/ha dibandingkan dengan bibit dari umbi sekitar 1–1,5 t/ha (Basuki 2009).

Dalam proses budi daya, benih menjadi hal yang penting. Salah satu upaya meningkatkan kualitas pertumbuhan biji ialah menggunakan metode penyiagaan (*priming*). Penyiagaan merupakan salah satu metode perlakuan pada biji tanaman untuk mempercepat dan menyeragamkan pertumbuhan kecambah. Menurut Rhaman *et al.* (2020), penyiagaan benih adalah teknik hidrasi yang murah dan efektif guna merangsang perkecambahan benih. Selama penyiagaan, benih mengalami proses fisiologis, yaitu hidrasi dan penge-riangan terkendali yang meningkatkan dan memperbaiki

<sup>1</sup> Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245

<sup>2</sup> Program Studi Magister Agroteknologi, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Makassar 90245

\* Penulis Korespondensi:

E-mail: katrianimantja.unhas@gmail.com

metabolisme pra-germinatif untuk perkecambahan yang cepat. Pawar dan Laware (2018) menyatakan bahwa penyiagaan benih mampu meningkatkan perkecambahan, mematahkan dormansi, mempercepat fase generatif, dan menginduksi ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik maupun abiotik.

Terdapat berbagai jenis agen penyiaga yang dapat digunakan, salah satunya ialah zat pengatur tumbuh. Namun, harga zat pengatur tumbuh sintetis mahal dan berpotensi mencemari lingkungan karena sulit terurai. Maka dari itu, penggunaan zat pengatur tumbuh alami direkomendasikan. Zat pengatur tumbuh alami bersifat ramah lingkungan, murah, dan mudah didapatkan (Abdel-Rahman & Abdel-Kader 2022).

Daun kelor merupakan salah satu bahan yang dapat dimanfaatkan sebagai agen penyiaga. Ekstrak daun kelor (*moringa leaf extract*, MLE) dapat berperan sebagai biostimulan alami yang mampu memacu pertumbuhan, produksi, dan kualitas tanaman. Ekstrak tanaman merupakan senyawa kompleks yang merujuk pada senyawa yang mengandung bahan aktif hayati. Daun ini pun dapat diekstraksi menggunakan air karena lebih aman, murah, mudah disiapkan, dan mudah diterapkan oleh petani (Mashamaite *et al.* 2022; Jardin, 2015; Yuniati *et al.* 2020).

Penelitian Aluko *et al.* (2020) menemukan bahwa MLE konsentrasi 25% sebagai agen penyiaga pada benih *Allium cepa* L. Berdampak pada meningkatnya perkecambahan dibandingkan dengan kontrol, diindikasikan dengan pengamatan rata-rata waktu berkecambah, indeks berkecambah, dan  $T_{50}$  (waktu berkecambah 50%). Selain itu, terbukti bahwa penyiagaan dengan ekstrak daun menunjukkan performa yang sama dengan penyiagaan menggunakan bahan kimia sintetis berupa asam askorbat. Tujuan penelitian ini ialah mengevaluasi pengaruh ekstrak daun kelor sebagai agen penyiaga pada performa perkecambahan biji bawang merah.

## METODE PENELITIAN

### Tempat dan Waktu

Percobaan dilakukan di Laboratorium Jamur Pangan dan Pupuk Hayati, Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin. Kegiatan dimulai dari bulan September–Oktober 2022. Suhu rata-rata laboratorium selama pengamatan ialah  $26,1 \pm 0,94^{\circ}\text{C}$ .

### Bahan

Bahan penelitian ialah benih bawang merah varietas Sanren F1, daun kelor (*Moringa oleifera*), akuades (Onelab® Water One), dan alkohol 70% (Onemed®).

### Rancangan Penelitian

Penelitian disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan penyiagaan benih, yaitu kontrol atau tanpa penyiagaan ( $S_0$ ), *hydropriming* ( $S_1$ ),

12,5% MLE ( $S_2$ ), 25% MLE ( $S_3$ ), dan 37,5% MLE ( $S_4$ ), dengan ulangan 4 kali, sehingga terdapat 20 unit pengamatan.

### Penyiapan Ekstrak

Ekstraksi daun kelor (*moringa leaf extract* (MLE) mengacu pada Yaseen dan Hajos (2020) dan Mehmood *et al.* (2021). Sebanyak 1 kg daun yang bersih dan sehat dipisahkan dari tangkainya, kemudian dicuci hingga bersih dengan air mengalir. Setelah itu, daun dilumatkan menggunakan blender dengan menambahkan akuades dengan nisbah 1:1 (v/w). Hasil pelumatan kemudian diperas menggunakan kain halus dan disaring dengan kertas saring. Ekstrak kemudian dimasukkan ke dalam botol steril dan disimpan dalam kulkas.

### Penyiagaan Benih

Benih dimasukkan ke dalam larutan ekstrak dengan berbagai konsentrasi, sesuai dengan perlakuan. Nisbah benih dengan volume larutan ialah 1:5 (w/v). Setelah benih dan larutan dimasukkan ke dalam wadah plastik, dipasang selang yang dihubungkan dengan aerator. Kemudian benih direndam selama 20 jam. Setelah mencapai durasi penyiagaannya, benih diangkat, ditiriskan di atas kertas tisu, dan dikeringanginkan pada suhu ruangan.

### Pengujian Performa Perkecambahan

Biji bawang merah yang telah disiagakan diuji di atas kertas. Benih yang telah disiagakan disterilkan menggunakan alkohol 70% dan dicuci dengan akuades. Kemudian biji diletakkan dalam cawan petri menggunakan pinset sejumlah 36 biji per cawan. Setelah itu, benih disimpan di laboratorium selama 10 hari, dengan tetap memperhatikan kelembapannya.

### Parameter dan Analisis Data

Parameter yang diamati meliputi rata-rata waktu perkecambahan (hari), persentase perkecambahan final (%), keserempakan tumbuh biji (%), koefisien velositas perkecambahan, indeks tingkat perkecambahan (%/hari), indeks vigor I, indeks vigor II, panjang radikula (cm), panjang plumula (cm), bobot segar kecambah (g), bobot kering kecambah (g). Beberapa parameter tersebut dihitung menggunakan rumus secara khusus (Tabel 1). Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan Anova dan jika terdapat pengaruh nyata, diuji lanjut dengan uji BNJ dengan  $\alpha = 0,05$ . Data diolah menggunakan perangkat lunak Rstudio versi 4.2.1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyiagaan biji bawang merah dengan ekstrak daun kelor (MLE) secara nyata dan sangat nyata memengaruhi semua parameter yang diamati (Tabel 2). Perlakuan penyiagaan berpengaruh nyata pada empat parameter: keserempakan tumbuh benih,

Tabel 1 Rumus berbagai parameter performa perkecambahan

Parameter	Rumus	Sumber
Rata-rata waktu perkecambahan (hari)	$RWP = \frac{\sum(nt)}{\sum n}$	Balikai <i>et al.</i> (2019)
Persentase perkecambahan final (%)	$PP (\%) = \frac{G}{S} \times 100\%$	Pangestuti <i>et al.</i> (2021)
Keserempakan tumbuh benih (%)	$Kt = \frac{KK}{TB} \times 100\%$	Prabhandaru & Saputro (2017)
Koefisien velositas perkecambahan	$CVG = \frac{\sum ni}{niti} \times 100$	Lazim & Ramadhan (2019)
Indeks tingkat perkecambahan (% hari <sup>-1</sup> )	$GRI = \frac{G1}{1} + \frac{G2}{2} + \frac{G3}{3} + \frac{G4}{4} + \dots + \frac{Gn}{n}$	Kader (2005)
Indeks vigor I	$IV I = \text{Persentase kecambah} (\%) \times \text{panjang kecambah}$	Kumar <i>et al.</i> (2021)
Indeks vigor II	$IV II = \text{persentase kecambah} (\%) \times \text{bobot kecambah}$	Kumar <i>et al.</i> (2021)

Tabel 2 Pengaruh perlakuan penyiagaan pada berbagai parameter

Parameter	Pengaruh	KK (%)
Rata-rata waktu perkecambahan (hari)	**	7
Persentase kecambah final (%)	**	2
Keserempakan tumbuh benih (%)	*	4
Koefisien velositas perkecambahan	**	8
Indeks tingkat perkecambahan (% hari <sup>-1</sup> )	**	6
Indeks vigor I	**	17
Indeks vigor II	**	9
Panjang plumula (cm)	*	19
Panjang radikula (cm)	**	20
Bobot kecambah segar (g)	*	8
Bobot kecambah kering (g)	*	13

Keterangan: (\*\*) berpengaruh sangat nyata dan (\*) berpengaruh nyata pada uji sidik ragam (ANOVA) alfa 0,05. KK = Koefisien Keragaman.

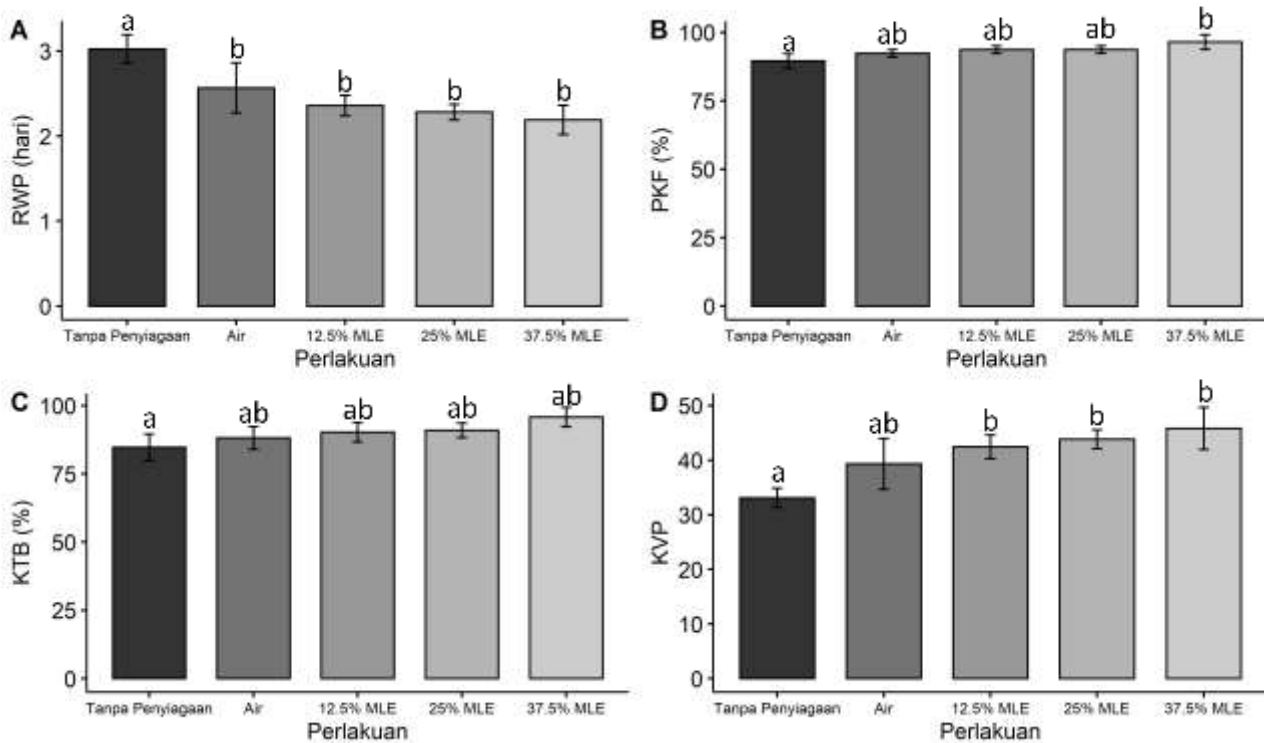
panjang plumula, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah, dan berpengaruh sangat nyata pada tujuh parameter: rata-rata waktu perkecambahan, persentase kecambahan final, koefisien velositas perkecambahan, indeks tingkat perkecambahan, indeks vigor I, indeks vigor II, dan panjang radikula.

Rata-rata waktu perkecambahan benih yang tersingkat ialah pada perlakuan penyiagaan dengan MLE konsentrasi 37,5%, yaitu 2,19 hari (Gambar 1A). Perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Benih yang tidak disiyagakan memperlihatkan rata-rata waktu perkecambahan yang terlambat, yaitu 3,03 hari, berselisih hampir 1 hari dengan perlakuan dengan rata-rata waktu perkecambahan yang tercepat. Perkecambahan yang lebih cepat terjadi pada perlakuan penyiagaan, ditandai dengan singkatnya rata-rata waktu perkecambahan dibandingkan dengan, khususnya, tanpa penyiagaan. Penetrasi radikula terjadi lebih awal karena pada penyiagaan terjadi pelunakan dinding sel sehingga pada saat proses hidrasi kedua akan memudahkan munculnya radikula. Hal tersebut sejalan dengan Lutts *et al.* (2016) yang menyatakan melunaknya jaringan di sekitar radikula akibat dari aktivitas hidrolase pada dinding sel yang merupakan salah satu pengaruh penting dari proses penyiagaan benih.

Pada parameter persentase perkecambahan final dan keserempakan tumbuh benih (Gambar 1B, 1C), hasilnya sama, yaitu persentase perkecambahan final yang tertinggi tercatat pada perlakuan MLE 37,5%, yaitu

96,53% dan keserempakan tumbuh benihnya mencapai 95,83%. Perlakuan konsentrasi 37,5% tidak berbeda nyata dengan MLE konsentrasi 25%, 12,5% penyiagaan dengan air, dan perlakuan tanpa penyiagaan. Perlakuan tanpa penyiagaan memperlihatkan persentase perkecambahan final terendah, yaitu 89,85% dan keserempakan tumbuh benih yang terendah pula, yaitu 84,72%. Perbedaan persentase benih yang berkecambah pada penyiagaan dan tanpa penyiagaan disebabkan oleh kemampuan benih untuk tumbuh; benih yang disiyagakan mempunyai kesempatan memperbaiki metabolisemenya sebelum proses perkecambahan. Penyiagaan berdampak pada jumlah benih yang berkecambah pada waktu tertentu secara serempak. Menurut Lutts *et al.* (2016), proses penyiagaan berakhir pada fase kedua proses perkecambahan. Pada fase ini terjadi produksi protein yang dibutuhkan untuk pembentukan sel, sebab ada perbaikan materi genetik yang rusak akibat penyimpanan, dan hal tersebut yang tidak terjadi pada benih yang tidak disiyagakan.

Benih yang disiyagakan menggunakan MLE 37,5% menunjukkan koefisien velositas terbesar di antara perlakuan lainnya, yaitu 45,85 (Gambar 1D). Perlakuan tersebut berbeda nyata dengan perlakuan tanpa penyiagaan, tetapi secara statistik tidak berbeda nyata dengan perlakuan *hydropriming*, 12,5% MLE, dan 25% MLE. Meningkatnya angka koefisien velositas perkecambahan terkait dengan meningkatnya jumlah benih yang tumbuh, dengan waktu tumbuh yang lebih



Gambar 1 Rata-rata waktu perkecambahan (A), persentase kecambah final (B), keserempakan tumbuh biji (C), dan koefisien velositas perkecambahan (D) pada perlakuan penyiaagaan.

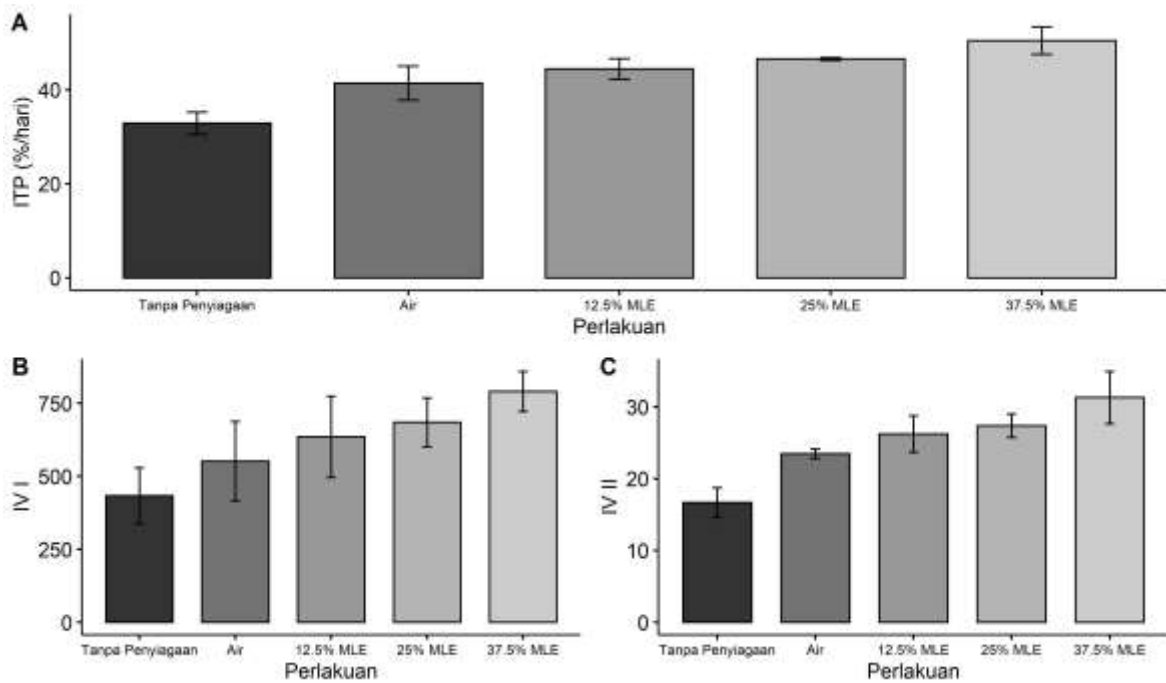
singkat. Hal tersebut terjadi pada benih yang disiajikan karena sebelumnya sudah ada tahap aktivasi metabolisme pada saat perendaman. Proses tersebut memacu benih untuk tumbuh dalam waktu yang lebih singkat. Hal tersebut juga dikemukakan oleh Hala dan Nabila (2017), yakni terjadi peningkatan koefisien velositas perkecambahan benih cabai yang disiajikan dengan ekstrak daun kelor, dibandingkan dengan benih tanpa penyiaagaan.

Indeks tingkat perkecambahan tertinggi tercatat pada perlakuan penyiaagaan dengan MLE 37,5%, yaitu 50,48%/hari (Gambar 2A). Perlakuan ini berpengaruh nyata, sehingga secara statistik berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Perlakuan tanpa penyiaagaan memiliki indeks tingkat perkecambahan terendah, yaitu 32,90%/hari. Menurut Kader (2005), nilai indeks tingkat perkecambahan menunjukkan banyaknya jumlah benih yang berhasil tumbuh selama periode perkecambahan. Semakin tinggi nilai indeks, semakin cepat dan banyak benih yang tumbuh dalam waktu tertentu.

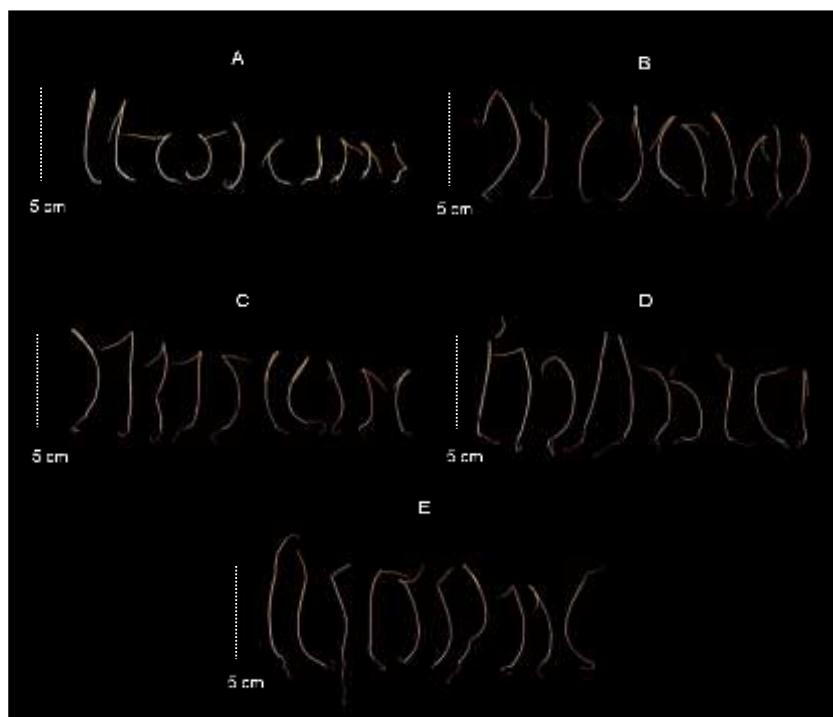
Indeks vigor I yang tertinggi ialah pada perlakuan penyiaagaan dengan MLE 37,5%, yaitu 790,58 (Gambar 2B). Perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dari penyiaagaan dengan MLE 25% dan 12,5%, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan penyiaagaan dengan air dan tanpa penyiaagaan. Perlakuan tanpa penyiaagaan menunjukkan indeks vigor I terendah, yaitu 433,26. Pada parameter indeks vigor II, penyiaagaan dengan MLE 37,5% mencatatkan nilai indeks tertinggi, yaitu 31,30 (Gambar 2C). Perlakuan tersebut berbeda nyata dengan penyiaagaan dengan MLE konsentrasi 25%, 12,5%, air, dan tanpa penyiaagaan. Kemudian,

perlakuan tanpa penyiaagaan memiliki indeks vigor II yang terendah, yaitu 16,67. Menurut Rhaman *et al.* (2020), penyiaagaan benih secara langsung mendukung proses perkecambahan yang lebih optimum dan meningkatkan vigor tanaman sehingga menghasilkan tanaman yang sehat dan produktif pada berbagai kondisi.

Secara morfologi, kecambah bawang merah yang disiajikan dengan MLE memiliki keragaan yang lebih besar (Gambar 3). Semakin tinggi konsentrasi MLE, semakin nyata pula pengaruhnya pada pertumbuhan kecambah. Plumula yang terpanjang adalah pada perlakuan penyiaagaan dengan MLE 37,5%, yaitu 6,53 cm (Gambar 4A). Perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan penyiaagaan menggunakan MLE 25%, 12,5%, dan air, tetapi berbeda nyata dengan tanpa penyiaagaan. Perlakuan tanpa penyiaagaan menghasilkan plumula terpendek, yaitu 4,18 cm. Radikula terpanjang terjadi pada penyiaagaan dengan MLE 37,5%, yaitu 1,66 cm (Gambar 4B). Perlakuan tersebut tidak berbeda nyata dengan penyiaagaan menggunakan MLE 25%, 12,5%, dan air, tetapi berbeda nyata dengan tanpa penyiaagaan. Perlakuan tanpa penyiaagaan menghasilkan radikula terpendek, yaitu 0,67 cm. Plumula dan radikula yang lebih panjang tentunya akibat terjadinya pertumbuhan yang lebih pesat. Peningkatan pertumbuhan plumula dan radikula secara linear meningkatkan bobot kecambah segar dan bobot kering pada benih yang disiajikan dengan MLE. Peningkatan pertumbuhan pada beberapa parameter tersebut dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dan fitohormon dalam ekstrak daun kelor. Menurut



Gambar 2 Indeks tingkat perkecambahan (A), indeks vigor I (B), dan indeks vigor II (C) pada perlakuan penyiagaan.

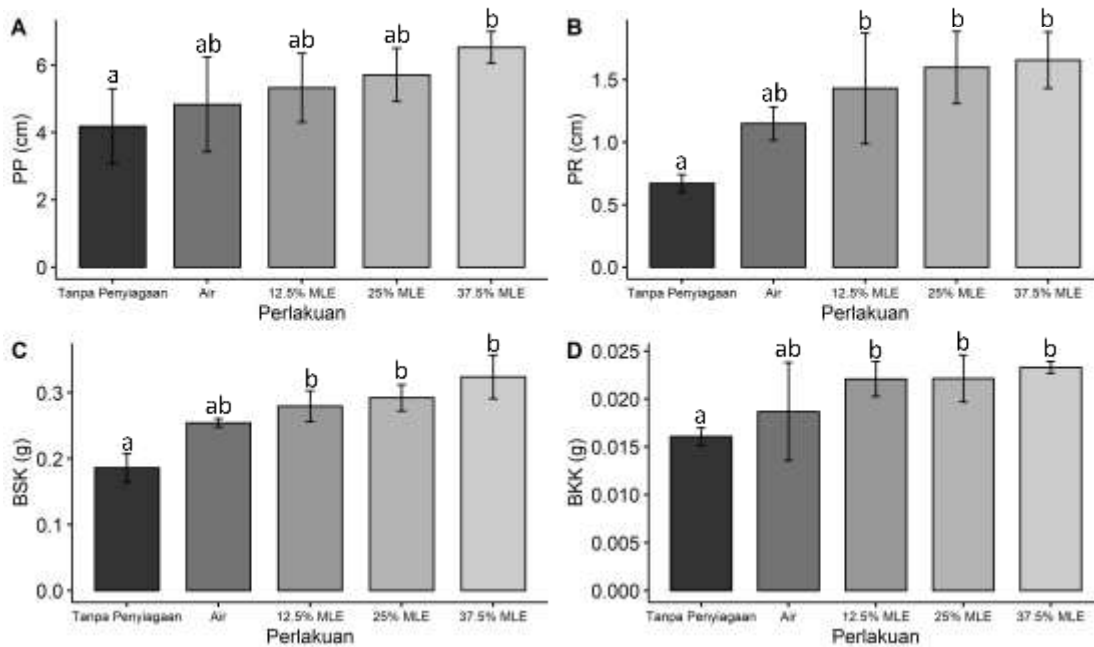


Gambar 3 Keragaan kecambah (A) tanpa penyiagaan, (B) hydropriming, (C) MLE 12,5%, (D) MLE 25%, dan (E) MLE 37,5% pada perlakuan penyiagaan.

Yuniati *et al.* (2020), ekstrak daun kelor setidaknya mengandung beberapa unsur hara dan zat pengatur tumbuh tanaman berupa N, P, K, auksin, sitokinin, dan giberelin.

Panjang radikula dan panjang plumula sangat memengaruhi bobot dari kecambah. Bobot kecambah segar maupun kering memperlihatkan hasil yang sama. Pada penyiagaan dengan MLE 37,5%, bobot segar dan kering masing-masing 0,32 g dan 0,0221 g (Gambar 4C dan 4D). Perlakuan tersebut tidak

berbeda nyata dengan penyiagaan dengan MLE 25%, 12,5%, dan air, tetapi berbeda nyata dengan tanpa penyiagaan. Perlakuan tanpa penyiagaan memiliki bobot kecambah segar dan bobot kering yang paling ringan, masing-masing 0,19 g dan 0,0161 g. Yasmineen *et al.* (2013) menegaskan hal yang sama, yakni panjang plumula, panjang radikula, bobot kecambah segar dan kering nyata lebih tinggi daripada biji yang tidak disiyagkan pada tanaman gandum.



Gambar 4 Panjang plumula (A), panjang radikula (B), bobot segar kecambah (C), dan bobot kering kecambah (D) pada perlakuan penyiajan.

## KESIMPULAN

Konsentrasi agen penyiajan menggunakan MLE memberikan pengaruh berbeda-beda pada berbagai parameter yang diamati. Secara umum, peningkatan konsentrasi MLE yang digunakan sebagai agen penyiajan secara linear berpengaruh nyata pada performa perkecambahan biji bawang merah. Tidak hanya keragaan kecambah, kecepatan perkecambahan dan keserempakan pertumbuhan benih juga ikut meningkat. Penyiajan benih dengan MLE 37,5% memberikan pengaruh terbaik dibandingkan perlakuan lainnya ditinjau dari rata-rata waktu perkecambahan, persentase perkecambahan final, keserempakan tumbuh benih, koefisien velositas perkecambahan, indeks tingkat perkecambahan, indeks vigor I, indeks vigor II, panjang plumula, panjang radikula, bobot segar kecambah, dan bobot kering kecambah. Percobaan ini menyarakna potensi ekstrak daun kelor sebagai agen penyiajan perkecambahan biji bawang merah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini dapat terlaksana dengan dukungan dana dari Universitas Hasanuddin melalui Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) dengan skema Penelitian Dasar Universitas Hasanuddin (PDU).

## DAFTAR PUSTAKA

Abdel-Rahman SSA, Abdel-Kader AAS. 2022. Response of fennel (*Foeniculum vulgare*, Mill)

plants to foliar application of moringa leaf extract and benzyladenine (BA). *South African Journal of Botany*. 129: 113–122. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.01.037>.

Aluko M, Ayodele OJ, Salami AF, Olaleye OE. 2020. Seed priming technique as innovation to improve germination in onion (*Allium cepa* L.). *Middle East Journal of Applied Science*. 10(1): 7–17.

Balikai MV, Bidarpatil NK, Hosamani J, Biradar MS. 2019. Identification of suitable vigour test for onion (*Allium cepa* L.) seeds. *International Journal of Chemical Studies*. 7(60): 553–556.

Basuki. 2009. Analisis kelayakan teknis dan ekonomis teknologi budidaya bawang merah dengan biji botani dan benih umbi tradisional. *Jurnal Hortikultura*, 19(2): 214–227.

Hala HAE, Nabila AE. 2017. Effect of moringa oleifera leaf extract (MLE) on pepper seed germination, seedlings improvement, growth, fruit yield and its quality. *Middle East Journal of Agriculture Research*. 6(2): 448–463.

Jardin du Patricik. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196: 3–14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>

Kader MA. 2005. A comparison of seed germination calculation formulae and the associated interpretation of resulting data. *Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales*. 1: 65–75.

Kumar, Sunil, Sudipta B, Anjali A, Sandeep KL, Bhoopal ST. 2021. Identification of the best

- germination indice represents seed quality status in unaged and aged onion seeds. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*. 10(2): 76–85. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2021.1002.009>
- Lazim SK, Ramadhan MN. 2019. Mathematical expression study of some germination parameters and the growth by presowing wheat seeds treatment with a static magnetic field and ammonium molybdate. *Plant Archives*. 9(2): 2294–2300.
- Lutts S, Paolo B, Lukasz W, Szymon KS, Roberta P, Katarina L, Muriel Q, Malgorzata G. 2016. Seed Priming: New Comprehensive Approaches for an Old Empirical Technique. Dalam: S. Araujo, & A. Balestrazzi (eds). *New Challenges in Seed Biology - Basic and Translational Research Driving Seed Technology*. IntechOpen (Online). <https://doi.org/10.5772/64420>
- Mashamaite CV, Ngcobo BL, Manyevere A, Bertling I, Fawole OA. 2022. Assessing the usefulness of *moringa oleifera* leaf extract as a biostimulant to supplement synthetic fertilizers: A review. *Plants*. 11: 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants11172214>
- Mehmood A, Naveed K, Ayub Q, Alamri S, Siddiqui MH, Wu C, Wang D, Saud S, Banout J., Danish S, Datta R, Hammad HM, Nasim W, Mubeen M, Shah F, Fahad S. 2021. Exploring the potential of moringa leaf extract as bio stimulant for improving yield and quality of black cumin oil. *Scientific Reports*. 11(1): 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-03617-w>
- Pangestuti R, Sulistyarningsih E, Kurniasih B, Murti RH. 2021. Improving seed germination and seedling growth of true seed shallot (TSS) using plant growth regulator seed priming. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/883/1/012024>
- Pawar VA, Laware SL. 2018. Seed priming: A critical review. *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*. 5(5): 94–101. <https://doi.org/10.26438/ijrbs/v5i5.94101>
- Prabhandaru I, Saputro TB. 2017. Respon perkecambahan benih padi (*Oryza sativa* L.) varietas lokal Sigadis hasil iradiasi sinar gamma. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373520.v6i2.25544>
- Reed RC, Bradford KJ, Khanday I. 2022. Seed germination and vigor: Ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*. 128: 450–459. <https://doi.org/10.1038/s41437-022-00497-2>
- Rhaman MS, Imran S, Rauf F, Khatun M, Baskin CC, Murata Y, Hasanuzzaman M. 2020. Seed priming with phytohormones: An effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*. 10: 1–17 <https://doi.org/10.3390/plants10010037>
- Yaseen AA, Takacs-Hajos M. 2020. Effect of moringa leaf extract and set size on the bulb weight, diameter, and yield of onions (*Allium cepa* L.). *Acta Agraria Debreceniensis*. 2: 127–131. <https://doi.org/10.34101/ACTAAGRAR/2/4105>
- Yasmeen A, Basra SMA, Wahid A, Nouman W, Rehman H. 2013. Exploring the potential of *moringa oleifera* leaf extract (MLE) as a seed priming agent in improving wheat performance. *Turkish Journal of Botany*. 37(3): 512–520. <https://doi.org/10.3906/bot-1205-19>
- Yuniati N, Kusumiyati, Mubarak S, Nurhadi B. 2020. The role of moringa leaf extract as a plant biostimulant in improving the quality of agricultural products. *Plants*. 11:1–13. <https://doi.org/10.3390/plants11172186>