

**Penentuan Media dan Perlakuan Pendahuluan Terbaik untuk Perkecambahan Benih Kapulaga Jawa
(*Amomum compactum* Sol. ex Maton)**

***Determination the Best Media and Pre-Treatment for Germination of Javanese Cardamom Seeds
(*Amomum compactum* Sol. ex Maton)***

Citra Miranda¹, Maryati Sari^{2*}, Okti Syah Isyani Permatasari²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: maryatisari@apps.ipb.ac.id

Disetujui: 05 Maret 2025 / Published Online Mei 2025

ABSTRACT

Java cardamom (*Amomum compactum* Sol ex. Maton) is different species with *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. This plant usually propagated vegetatively but botanical seeds are still needed. Cardamom seed has hard coated and requires a long time to germinate. Acceleration of seed germination can be carried out by using appropriate germination media and providing pre-sowing treatment that can reduce germination inhibiting factors. This study aims to obtain appropriate germination media and effective pre-sowing treatments for accelerating germination. This study used a split-plot randomized complete block design with germination media treatment as the main plot, pre-treatment as sub-plots, and three repetitions. The first count was determined on the 24th day after planting and the second count on the 51st day after planting. In this study, no pre-sowing treatments were found able to encourage germination, but cocopeat was the best medium compared to sand media and mixed planting media husk charcoal : cocopeat : compost (1:1:1) on the parameters of germination of 80.5%, the growth speed of 3.11% etmal⁻¹, vigor index of 35.2%, and fresh seeds did not grow of 1.3%. The interaction between cocopeat media treatment and pre-sowing treatment with 50 °C water immersion for 30 minutes took the shortest time to germinate, which means germination time of 25.0 days.

Keywords: cocopeat, dormancy, nursery, tetrazolium, viability

ABSTRAK

Kapulaga jawa (*Amomum compactum* Sol ex. Maton) merupakan spesies yang berbeda dengan *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. Tanaman ini biasanya diperbanyak secara vegetatif namun tetap diperlukan benih botani. Benih kapulaga memiliki lapisan testa yang keras dan memerlukan waktu yang lama untuk berkecambah. Percepatan perkecambahan biji dapat dilakukan dengan menggunakan media perkecambahan yang tepat dan memberikan perlakuan pendahuluan yang dapat mengurangi faktor penghambat perkecambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan media perkecambahan yang tepat dan perlakuan pendahuluan yang efektif untuk mempercepat perkecambahan benih kapulaga. Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok lengkap petak terbagi dengan perlakuan jenis media perkecambahan sebagai petak utama, perlakuan pendahuluan sebagai anak petak, dan tiga kali ulangan. Evaluasi penghitungan pertama dilakukan pada hari ke-24 setelah tanam dan penghitungan kedua pada hari ke-51 setelah tanam. Pada penelitian ini tidak ditemukan adanya perlakuan pra-tanam yang mampu memacu perkecambahan. Media *cocopeat* merupakan media terbaik dibandingkan dengan media pasir dan media tanam campuran arang sekam: sabut kelapa : kompos (1:1:1) pada parameter daya berkecambah 80.5%, kecepatan tumbuh 3.11% etmal⁻¹, indeks vigor 35.2%, dan benih segar tidak tumbuh 1.3%. Interaksi antara perlakuan media *cocopeat* dan perlakuan pra-tanam dengan perendaman dalam air 50 °C selama 30 menit memberikan waktu berkecambah paling singkat yaitu rata-rata waktu berkecambah 25.0 hari.

Kata kunci: *cocopeat*, dormansi, pembibitan, tetrazolium, viabilitas

PENDAHULUAN

Perkembangan farmasi saat ini telah mengangkat kembali peran pengobatan herbal untuk mengatasi berbagai macam penyakit. Kapulaga dalam farmakologi dilaporkan memiliki kandungan zat aktif yang berperan sebagai antifungi, antibacterial, antioxidant, anticancer, antiinflammatory, *gastroprotective*, antiastmatic, immunomodulator, dan mengatasi *acute renal failure* (Alkandahri *et al.*, 2021). Kapulaga termasuk dalam famili Zingiberaceae. Kapulaga, memiliki dua jenis yaitu *Elettaria cardamomum* (L.) Maton yang dikenal sebagai *small cardamom*, *green cardamom*, atau *true cardamom* dan *Amomum compactum* Sol ex. Maton yang dikenal sebagai kapulaga jawa atau *false cardamom*. Kapulaga di Indonesia berkontribusi sebagai penyumbang produksi tanaman obat terbesar ketiga di Indonesia setelah kunyit dan jahe. Berdasarkan data BPS (2020), produksi kapulaga pada tahun 2020 mencapai 93 683 ton, Pulau Jawa adalah daerah dengan angka produksi tertinggi.

Kapulaga dapat diperbanyak secara vegetatif menggunakan anakan dan secara generatif dengan benih. Perbanyakkan secara vegetatif menghasilkan tanaman yang lebih cepat berproduksi, namun perbanyakkan secara generatif sangat penting saat diperlukan penyediaan benih dalam jumlah besar, untuk menekan penyebaran penyakit, dan mendukung kegiatan pemuliaan. Kendala yang sering terjadi pada perbanyakkan secara generatif adalah perkecambahannya yang sangat lambat. Perlu waktu lebih dari sebulan untuk menunggu 50% benih kapulaga berkecambah (Seid *et al.*, 2019). Proses perkecambahan yang lambat dapat dipengaruhi faktor internal, baik kondisi fisik maupun fisiologi benih, serta faktor eksternal atau lingkungan.

Benih kapulaga memiliki testa yang keras. Wulandari dan Farzana (2020) mengemukakan bahwa benih dengan karakter kulit keras biasanya memiliki dormansi mekanik sehingga memperlambat munculnya radikula. Penelitian yang dilakukan oleh Radhamani *et al.* (1991) pada benih kapulaga jenis *true cardamom* dari spesies *Elettaria cardamomum* Maton varietas Malabar menunjukkan bahwa perlakuan perendaman menggunakan asam sulfat 25% selama 10 menit dan alkohol 80% selama 30 menit merupakan metode paling efektif untuk pematangan dormansi. Penelitian menggunakan kapulaga dari jenis yang sama (*Elleteria cardamomum*) juga dilakukan oleh Seid *et al.* (2019), hasilnya menunjukkan perlakuan perendaman benih dengan perendaman alkohol 80% selama 30 menit merupakan metode terbaik

dengan persentase perkecambahan sebesar 78% (kontrol 59%), dengan 50% perkecambahan tercapai pada 32 hari setelah tanam (kontrol 40 hari setelah tanam).

Upaya mempercepat perkecambahan juga dapat dilakukan dengan menyediakan media perkecambahan yang tepat. Media perkecambahan merupakan salah satu faktor yang penting dalam perkecambahan benih. Penelitian yang dilakukan Sajana *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pemberian *cocopeat* 2 cm pada media perkecambahan benih *Semecarpus anacardium* menyebabkan benih berkecambah lebih baik dibandingkan dengan benih yang dkecambahkan dalam media tanpa *cocopeat*. Hal ini menunjukkan benih membutuhkan media spesifik untuk berkecambah dengan maksimal. Menurut penelitian Rivai *et al.* (2015), benih *Alpinia malaccensis*, spesies dari famili Zingiberaceae, berkecambah lebih baik pada media *cocopeat* dibanding dengan media pasir, arang sekam dan kompos.

Kapulaga jawa (*false cardamom*) adalah spesies yang berbeda dengan kapulaga *true cardamom*, sehingga perlakuan pendahuluan dan media yang tepat untuk perkecambahan benih kapulaga jawa perlu diteliti secara khusus. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan perlakuan pendahuluan dan media perkecambahan yang terbaik untuk benih kapulaga jawa, serta menilai kesesuaian metode pengujian daya berkecambah benih kapulaga di laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu Benih, Departemen Agronomi dan Hortikultura. IPB University, Bogor, Indonesia pada Desember 2021 hingga April 2022.

Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan split-plot rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan tiga ulangan. Faktor media penkecambahan sebagai petak utama dan faktor perlakuan pendahuluan sebagai anak petak. Faktor media perkecambahan terdiri atas media pasir, *cocopeat*, dan media tanam campuran. Faktor metode perlakuan pendahuluan terdiri atas 10 taraf, yaitu tanpa perendaman, perendaman menggunakan alkohol 80% selama 30 menit, perendaman dengan air suhu ruang (26 °C) selama 5 menit, perendaman dengan air suhu ruang (26 °C) selama 15 menit, perendaman dengan air suhu ruang (26 °C) selama 30 menit, perendaman dengan air 50 °C selama 5 menit, perendaman dengan air 50 °C selama 15

menit, perendaman dengan air 50 °C selama 30 menit, perendaman dengan air 75 °C selama 5 menit, dan perendaman dengan air 75 °C selama 15 menit.

Bahan Penelitian

Buah kapulaga dipanen dari kebun kapulaga di Desa Purwabakti, Pamijahan, Bogor, Jawa Barat, Indonesia (6°42'03''LS 106°38'35''BT, 650–700 m dpl). Buah dipanen setelah masak dengan kriteria kulit buah sudah mudah terbuka dan warna kulit biji sudah coklat. Buah yang telah dipanen, segera dibaluri fungisida dan dikeringanginkan dengan menggunakan kipas angin selama 48 jam. Benih diekstrak dari buah yang telah dikeringanginkan, dipilih yang bernas dan diuji tetrazolium untuk memastikan benih yang digunakan dalam penelitian adalah benih viabel.

Perlakuan Pendahuluan dan Pengecambahan Benih

Benih yang telah diekstrak dan dibersihkan arilnya kemudian diberikan berbagai perlakuan pendahuluan, sesuai taraf perlakuan dan dikecambahkan pada media yang telah ditetapkan. Pengecambahan dilakukan di rumah kaca pada suhu dan RH kamar. Kelembaban media selalu dijaga dan pengamatan dilakukan setiap hari selama 12 minggu. Setiap satuan percobaan menggunakan 25 butir benih untuk pengamatan perkecambahan.

Parameter yang diamati yaitu struktur benih, daya berkecambah (DB), kecepatan tumbuh (K_{CT}), indeks vigor (IV), keserempakan tumbuh (K_{ST}), *mean germination time* (MGT), potensi tumbuh maksimum (PTM), persentase kecambah abnormal (KAN), persentase benih mati (BM), dan persentase benih segar tidak tumbuh (BSTT).

1. Pengamatan Struktur Benih

Pengamatan struktur benih dilakukan sebelum pengujian viabilitas awal benih (uji tetrazolium). Benih terlebih dahulu direndam selama 24 jam agar lebih mudah dibelah membujur dan diamati. Struktur benih diamati dengan menggunakan mikroskop kemudian diambil gambarnya.

2. Uji Viabilitas Awal (Uji Tetrazolium)

Uji tetrazolium kemudian dilakukan untuk memastikan benih tetap viabel setelah pengeringan. Prosedur pengujian tetrazolium pada penelitian ini diawali dengan membersihkan benih dengan membuang arilnya kemudian diimbibisi selama 24 jam. Benih dibelah menjadi dua bagian dengan memastikan embrio ikut terbelah sempurna. Benih kemudian direndam menggunakan 2,3,5-Trifeniltetrazolium klorida dan diinkubasi pada suhu 40 °C selama 3 jam kemudian ditiriskan dan diamati. Topografi

pewarnaan hasil uji tetrazolium disajikan pada Gambar 3. Persentase benih viabel dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{Benih viabel (\%)} = \frac{\sum \text{Benih viabel}}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

n = Jumlah benih yang diuji

3. Kadar Air (KA)

Benih diuji kadar airnya setelah dipanen dan setelah dikeringanginkan selama 48 jam. Pengukuran kadar air dilakukan tanpa melepaskan aril dari benih. Berdasarkan rekomendasi ISTA (ISTA, 2018), sampel benih yang digunakan pada pengujian kadar air adalah sebanyak 4.5 ± 0.5 g, kemudian dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 103 °C selama 17 jam. Kadar air dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{KA (\%)} = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M_1} \times 100\%$$

Keterangan:

M1 = Bobot cawan

M2 = Bobot cawan + benih

M3 = Bobot cawan + benih setelah dikeringkan dalam oven

4. Uji Daya Berkecambah (DB)

Daya berkecambah benih kapulaga dihitung menggunakan rumus:

$$\text{DB (\%)} = \frac{\sum \text{KN}}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

KN = Kecambah normal

n = Jumlah benih yang ditanam

5. Kecepatan Tumbuh (K_{CT})

Kecepatan tumbuh benih merupakan jumlah dari kecepatan tumbuh harian. Kecepatan tumbuh adalah persentase kecambah yang tumbuh normal setiap 24 jam. Kecepatan tumbuh dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{KCT (\% etmal}^{-1}\text{)} = \sum_{i=0}^{i=n} \frac{\% \text{KN}}{\text{etmal}}$$

Keterangan:

KN = Kecambah normal

Etmal = 24 jam

i = Pengamatan hari ke-n

6. Indeks Vigor (IV)

Indeks vigor merupakan keseragaman dan kecepatan benih dalam berkecambah pada saat tertentu. Indeks vigor adalah perbandingan antara jumlah kecambah normal pada hitungan pertama dengan jumlah seluruh benih yang ditanam. Indeks vigor dapat dihitung dengan rumus:

$$\text{IV (\%)} = \frac{\sum \text{KN I}}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

KN I = Kecambah normal pada hitungan pertama

N = Benih yang ditanam

7. Keserempakan Tumbuh (K_{ST})

Pengamatan keserempakan tumbuh dilakukan terhadap jumlah kecambah normal diantara hitungan pertama dan hitungan kedua.

Keserempakan tumbuh dapat dihitung dengan rumus:

$$KST (\%) = \frac{\sum KN \text{ pada hari antara hitungan pertama dan kedua}}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

n = Jumlah benih yang ditanam

8. Mean Germination Time (MGT)

Mean Germination Time digunakan untuk menghitung laju perkecambahan suatu benih. MGT dapat dihitung dengan rumus:

$$MGT (\text{hari}) = \frac{\sum (\text{Jumlah KN hari ke-x} \times \text{X hari ke-x pengecambahan})}{\sum \text{Total benih berkecambah di akhir pengamatan}}$$

9. Potensi Tumbuh Maksimum (PTM)

Potensi tumbuh maksimum (PTM) termasuk dalam indikator viabilitas benih. PTM merupakan persentase jumlah benih yang berkecambah (kecambah normal dan abnormal) dari seluruh benih yang dikecambahkan (Nasrul dan Fridayanti, 2018). Pengamatan dilakukan pada pengamatan terakhir dan dihitung berdasarkan persentase jumlah benih yang tumbuh. Potensi tumbuh maksimum dihitung dengan rumus:

$$PTM = \frac{\sum KN + \sum KAN}{n} \times 100 \%$$

Keterangan:

KN = Kecambah normal

KAN = Kecambah abnormal

n = Jumlah benih yang ditanam

10. Kecambah Abnormal (KAN)

Kecambah abnormal dihitung persentasenya dan dipelajari penyebab keabnormalannya. Kriteria kecambah abnormal merujuk kepada ISTA (ISTA, 2018). Pengamatan ini dilakukan setiap hari. Persentase kecambah abnormal dapat dihitung dengan rumus:

$$DB (\%) = \frac{\sum KAN}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

KAN = Kecambah abnormal

n = Jumlah benih yang ditanam

11. Benih Mati (BM)

Persentase benih mati dihitung pada akhir pengamatan. Benih mati pada penelitian ini adalah benih yang lembek atau hancur saat ditekan.

Persentase benih mati dapat dihitung dengan rumus:

$$BM (\%) = \frac{\sum BM}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

BM = Benih mati

n = Jumlah benih yang ditanam

12. Benih Segar Tidak Tumbuh (BSTT)

Benih segar tidak tumbuh pada penelitian ini adalah benih tetap keras dan tidak keriput pada hari terakhir pengamatan. Persentase benih mati dapat dihitung dengan rumus:

$$BSTT (\%) = \frac{\sum BSTT}{n} \times 100\%$$

Keterangan:

BSTT = Benih segar tidak tumbuh

n = Jumlah benih yang ditanam

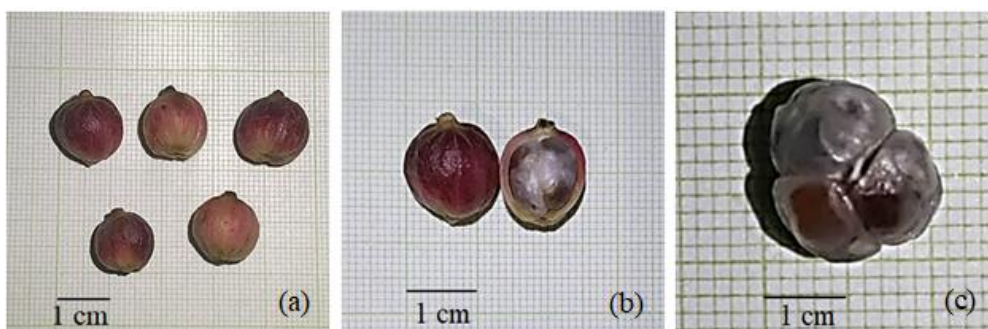
Analisis Data

Analisis data dilakukan uji F ($\alpha = 0.05$). Apabila perlakuan berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) ($\alpha = 0.05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Buah dan Benih Kapulaga Jawa

Buah kapulaga jawa berbentuk bulat, dengan diameter sekitar ± 1.5 cm dan berwarna putih kemerahan. Buah biasanya memiliki $\pm 6-14$ biji yang terbagi dalam tiga sekat. Biji kapulaga berbentuk bulat tidak beraturan dengan diameter ± 0.5 cm, dilapisi oleh lapisan aril berwarna putih dan berlendir yang terhubung dengan bagian mikrofil. Berdasarkan informasi Liao da Wu (2000), struktur testa benih kapulaga terdiri atas dua bagian, yaitu eksotesta yang terdiri dari jaringan epidermis satu lapis, dan endotesta yang terdiri dari jaringan sklerenkim. Struktur benih dan buah kapulaga jawa disajikan pada Gambar 1. Embrio benih kapulaga terletak di tengah bagian benih yang diselubungi oleh endosperm berwarna putih.



Gambar 1. Buah kapulaga jawa. (a) buah masak (b) kumpulan benih dalam buah (c) tiga sekat dalam buah



Gambar 2. Struktur internal benih kapulaga jawa. Keterangan: AR = lapisan aril, MP = mikrofil, PS = peri-sperm, EM = embrio, ES = endosperm, SC = kulit benih, CZ = chalaza.

Kadar Air, Uji Tetrazolium, dan Struktur Kecambah Benih Kapulaga Jawa

Benih kapulaga pada penelitian ini dipanen pada kadar air 55.8 ± 2.0 %. Menurut Dahanayake (2015) benih kapulaga tergolong benih rekalsitran. Murrinie *et al.* (2017) menyatakan bahwa benih rekalsitran tetap mempertahankan kadar air tinggi sampai masak (sering 30–50%) dan peka terhadap pengeringan di bawah 12–30% bergantung pada jenisnya. Benih kapulaga dikeringanginkan bersama buahnya selama 48 jam sehingga diperoleh kadar air benih sebesar 52.4 ± 0.8 %.

Benih kapulaga jawa yang digunakan dalam penelitian perlu dipastikan viabilitasnya terutama karena perkecambahannya yang lama dan bersifat rekalsitran. Uji tetrazolium dilakukan untuk memastikan viabilitas benih sebelum diberi perlakuan pendahuluan. Pengujian tetrazolium disebut uji cepat viabilitas karena dapat memberikan informasi 1–2 hari, lebih cepat dibandingkan uji perkecambahan secara langsung (Hasrawati *et al.*, 2015). Belum terdapat literatur yang menjelaskan mengenai prosedur pengujian tetrazolium pada benih kapulaga sehingga dilakukan pengamatan struktur terlebih dahulu.

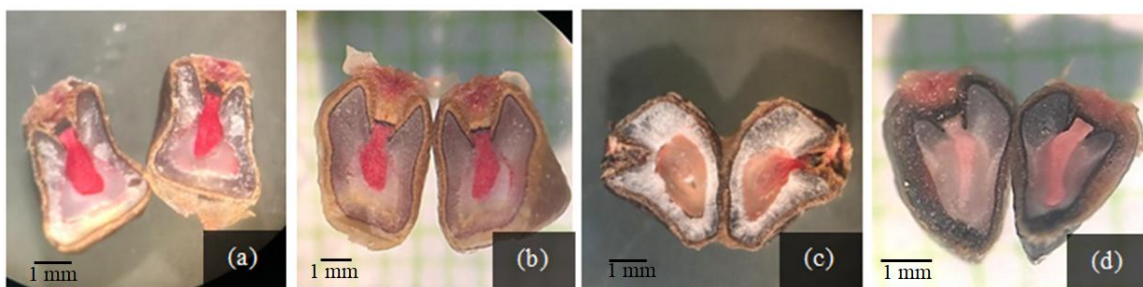
Hasil uji tetrazolium pada Gambar 3 memperlihatkan benih-benih yang viabel dengan pewarnaan pada embrionya. Bagian embrio benih akan berwarna merah pada benih viabel, sedangkan benih non-viabel akan berwarna merah pucat atau

tidak terwarnai secara menyeluruh. Persentase rata-rata benih viabel adalah sebesar 85.2 ± 5.0 %. Benih kapulaga tetap viabel setelah dikeringanginkan selama 48 jam dengan kadar air panen rata-rata sebesar 55.8 ± 2.0 % dan kadar air setelah dikeringkan rata-rata sebesar 52.4 ± 0.8 %. Benih yang digunakan pada penelitian ini layak digunakan karena memiliki viabilitas yang baik.

Kapulaga jawa merupakan tanaman jenis monokotil (Nadiya *et al.*, 2017) dan memiliki tipe perkecambahan hipogeal. Benih dengan tipe perkecambahan hipogeal adalah benih yang berkecambah dengan bagian kotiledon tetap berada di bawah permukaan tanah. Struktur dari kecambah kapulaga jawa mirip dengan kecambah spesies *A. malaccensis* yang berasal dari famili Zingiberaceae. Struktur kecambah kapulaga jawa disajikan pada Gambar 4.

Daya Berkecambah Benih Kapulaga Jawa

Media *cocopeat* merupakan media terbaik untuk perkecambahan benih kapulaga jawa. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 bahwa rata-rata daya berkecambah benih pada media *cocopeat* sebesar 80.3% lebih baik dibanding dengan media pasir dan media tanam campuran sebesar 71.1% dan 54.5%. Persentase daya berkecambah yang rendah pada media pasir dan media tanam campuran (<80%) menunjukkan bahwa kedua media tersebut bukan media yang cocok untuk perkecambahan benih kapulaga jawa.



Gambar 3. Hasil uji tetrazolium benih kapulaga jawa. (a-b) benih viabel, dan (c-d) benih non-viabel



Gambar 4. Pertumbuhan kecambah kapulaga jawa. Keterangan: (1) plumula, (2) koleoptil, (3) hipostase, dan (4) radikula

Tabel 1. Pengaruh media perkecambahan dan perlakuan pendahuluan terhadap daya berkecambah benih kapulaga jawa (%)

Perlakuan pendahuluan (Perendaman)	Daya berkecambah (%)			
	Pasir	Cocopeat	Media campuran	Rata-rata ^{tn}
Tanpa perendaman	70.7	90.7	58.7	73.3
Alkohol 80% 30 menit	66.7	66.7	60.0	64.4
Air suhu ruang 5 menit	78.7	84.0	56.0	72.9
Air suhu ruang 15 menit	72.0	73.3	46.7	64.0
Air suhu ruang 30 menit	69.3	85.3	62.7	72.4
Air 50 °C 5 menit	72.0	80.0	46.7	66.2
Air 50 °C 15 menit	70.7	81.3	46.7	66.2
Air 50 °C 30 menit	74.7	82.7	46.7	68.0
Air 75 °C 5 menit	58.7	82.7	58.7	66.7
Air 75 °C 15 menit	77.3	78.7	62.7	72.9
Rata-rata ^{**}	71.1 ^b	80.5 ^a	54.5 ^c	

Keterangan: data ditransformasi menggunakan metode boxcox dan diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). $Pr > F$ untuk M = $<0.0001^{**}$, $T = 0.6616^{tn}$, $M \times T = 0.8890^{tn}$. Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). KK = 35.18%. * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; tn = tidak nyata.

Hal ini dapat disebabkan karena terdapat beberapa jenis benih berkecambah dengan baik pada media perkecambahan yang spesifik. Hasil penelitian Rivai *et al.* (2015) menunjukkan bahwa benih *A. malaccensis* berkecambah lebih baik pada media *cocopeat* dibandingkan dengan media pasir, arang sekam, dan kompos, kapasitas menahan air dan rasio C/N yang sesuai untuk perkecambahan tanaman tropis. Kesti *et al.* (2020) menyatakan bahwa arang sekam padi memiliki sifat poros sehingga dapat meloloskan air dengan baik. Menurut Prastio dan Farmia (2021), pasir sering digunakan sebagai media alternatif untuk menggantikan fungsi tanah, namun memiliki pori-pori berukuran besar (makro). Hal tersebut dapat menghambat proses imbibisi benih secara optimal.

Kesesuaian *cocopeat* sebagai media perkecambahan benih kapulaga jawa selain diduga karena kemampuannya dalam menahan air dan menyediakan oksigen yang cukup, *cocopeat* juga memiliki nilai pH yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman kapulaga jawa yaitu sebesar 5.73. Menurut Sarma *et al.* (2014) pH yang cocok untuk kapulaga berkisar pada rentang 4.5–6.0. Media

pasir memiliki pH netral yaitu sebesar 6.74 namun tidak mampu menahan air dengan baik. Air pada media pasir akan cepat berkurang karena penguapan jika suhu lingkungan tinggi. Media tanam campuran diduga tidak sesuai untuk perkecambahan benih kapulaga jawa karena memiliki pH yang basa yaitu sebesar 7.55. Kesesuaian *cocopeat* sebagai media perkecambahan benih kapulaga jawa juga dapat dilihat dari persentase daya berkecambah pada media *cocopeat* (80.3%) merupakan nilai yang paling mendekati dengan nilai viabilitas benih hasil uji tetrazolium (85.2 ± 5.0 %).

Persentase daya berkecambah tidak berbeda nyata antar perlakuan pendahuluan. Benih tanpa perendaman memiliki persentase daya berkecambah paling tinggi sebesar 73.3%. Hal ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Dahanayake (2015) menyatakan bahwa tidak ada perkecambahan pada benih *E. cardamomum* yang tidak diberikan perlakuan pendahuluan. Pada penelitian Seid *et al.* (2019) perendaman benih dengan alkohol 80% selama 30 menit merupakan metode terbaik dengan persentase perkecambahan

78% berbeda nyata dengan benih tanpa perendaman sebesar 52%. Perbedaan hasil ini dapat disebabkan oleh perbedaan sifat antara benih *E. cardamomum* dengan benih *A. compactum*. Menurut Priestley dan Leopold (1980) senyawa alkohol dapat merusak integritas dan permeabilitas membran sel pada jaringan-jaringan di bawah testa.

Kecambah yang ditanam pada media *cocopeat* memiliki perakaran yang lebih baik dibandingkan dengan perakaran pada kecambah yang ditanam pada media pasir dan media tanam campuran. Perbedaan perakaran kecambah pada ketiga media tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Akar kecambah yang ditanam pada media tanam campuran lebih pendek dibanding media tanam lainnya. Pertumbuhan akar yang terhambat memunculkan dugaan adanya zat yang bersifat toksik terhadap perkecambahan pada media tersebut. Menurut Liu *et al.* (2013), pada tanaman *Arabidopsis thaliana*, amonia dapat mengurangi pertumbuhan akar primer, menurunkan ekspansi dan produksi sel. Tekstur dari media tanam campuran cukup lempung diduga juga dapat menyebabkan akar lebih sulit bergerak tumbuh menembus media dibanding dengan kedua media lainnya. Menurut Pandey *et al.* (2021) tanah yang padat dapat mengurangi difusi hormon etilen yang diproduksi oleh tanaman ke udara sehingga meningkatkan konsentrasi etilen didekat akar yang dapat menghentikan pertumbuhan akar.

Penentuan Hitungan Pertama dan Hitungan Kedua Evaluasi Daya Berkecambah Benih Kapulaga Jawa

Penentuan hitungan pertama dan kedua untuk benih dari famili Zingiberaceae belum terstandarisasi oleh ISTA (ISTA 2018). Penetapan hari hitungan pertama dan kedua pada penelitian

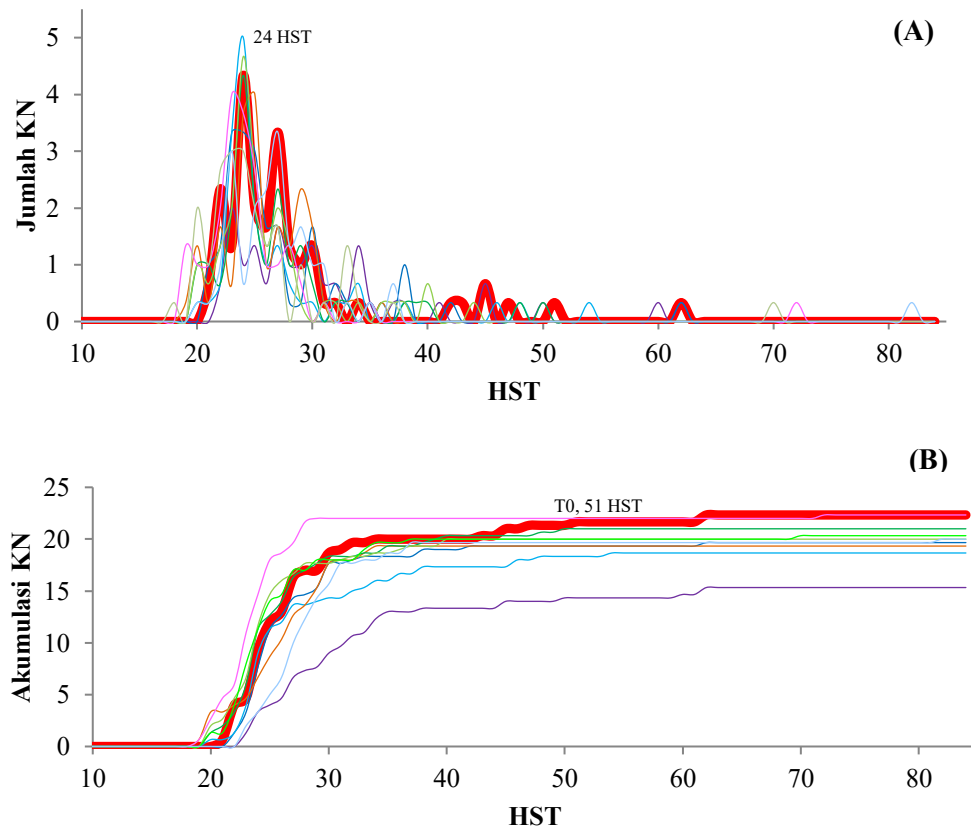
ini diambil dari grafik pada Gambar 6, yaitu data benih yang diuji menggunakan media *cocopeat*. Hal ini disebabkan pada penelitian ini, media *cocopeat* merupakan media dengan hasil terbaik pada parameter kecepatan pertumbuhan perkecambahan. Penetapan ini juga menggunakan data dari hasil perlakuan-perlakuan terbaik pada media *cocopeat*. Hitungan pertama ditentukan saat munculnya kecambah normal harian terbanyak (Rahayu dan Suharsi, 2015), yaitu pada hari ke-24 setelah tanam. Hitungan kedua ditentukan menggunakan data hasil akumulasi kecambah harian pada perlakuan-perlakuan yang telah menghasilkan perkecambahan sebesar $\geq 80\%$ sampai akhir pengamatan. Hitungan kedua ditentukan saat garis akumulasi pertambahan kecambah telah konstan, yaitu pada hari ke-51 setelah tanam. Hasil ini dapat dijadikan hitungan pertama dan kedua dalam evaluasi viabilitas dan vigor benih kapulaga pada media *cocopeat*.

Kecepatan Tumbuh, Indeks Vigor, Keserempakan Tumbuh, dan Mean Germination Time Benih Kapulaga Jawa

Benih dengan waktu tumbuh yang cepat memiliki kemampuan untuk menghadapi kondisi sub-optimum di lapang (Lesilolo *et al.*, 2018). Kecepatan tumbuh benih dapat dilihat pada Tabel 2. Media *cocopeat* memiliki nilai kecepatan tumbuh benih terbaik sebesar $3.11\% \text{ etmal}^{-1}$ yang berbeda nyata dengan media pasir sebesar $2.74\% \text{ etmal}^{-1}$ dan media tanam campuran sebesar $1.50\% \text{ etmal}^{-1}$. Menurut Rahayu *et al.* (2014), kecepatan tumbuh benih memiliki hubungan positif dengan daya berkecambah benih, yaitu semakin tinggi daya berkecambah, semakin tinggi pula kecepatan tumbuhnya.



Gambar 5. Perkembangan akar kecambah pada media perkecambahan (a) pasir, (b) *cocopeat*, dan (c) media tanam campuran.



Gambar 6. Grafik penentuan hitungan pertama dan kedua benih kapulaga. (A) Pertambahan kecambah harian pada media *cocopeat* dalam penetapan hitungan pertama dan (B) Akumulasi kecambah harian media *cocopeat* dalam penetapan hitungan kedua. Keterangan: (-) T0, (-) T1, (-) T2, (-) T3, (-) T4, (-) T5, (-) T6, (-) T7, (-) T8, dan (-) T9

Persentase kecepatan tumbuh antar perlakuan pendahuluan tidak berbeda nyata, namun perlakuan tanpa perendaman menghasilkan nilai persentase kecepatan tumbuh yang paling tinggi

dibanding perlakuan lainnya yaitu sebesar 2.68% etmal⁻¹. Perlakuan perendaman alkohol 80% selama 30 menit menghasilkan nilai persentase kecepatan tumbuh terendah sebesar 2.03% etmal⁻¹.

Tabel 2. Pengaruh media perkecambahan dan perlakuan pendahuluan terhadap kecepatan tumbuh benih kapulaga jawa (% etmal⁻¹)

Perlakuan pendahuluan (Perendaman)	Kecepatan tumbuh (% etmal ⁻¹)			
	Pasir	<i>Cocopeat</i>	Media tanam campuran	Rata-rata ^{tn}
Tanpa perendaman	2.72	3.40	1.91	2.68
Alkohol 80% 30 menit	2.36	2.28	1.46	2.03
Air suhu ruang 5 menit	2.98	3.22	1.45	2.55
Air suhu ruang 15 menit	2.69	2.83	1.38	2.30
Air suhu ruang 30 menit	2.66	3.35	1.81	2.61
Air 50 °C 5 menit	2.82	3.09	1.25	2.38
Air 50 °C 15 menit	2.70	3.18	1.28	2.39
Air 50 °C 30 menit	2.85	3.45	1.23	2.51
Air 75 °C 5 menit	2.27	3.36	1.58	2.40
Air 75 °C 15 menit	3.39	2.95	1.66	2.67
Rata-rata**	2.74 ^b	3.11 ^a	1.50 ^c	

Keterangan: data diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). $Pr > F$ untuk M = <0.0001**, T = 0.2850^{tn}, M x T = 0.5933^{tn}. Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). KK= 21.41%. * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; tn = tidak nyata.

Hasil pengamatan indeks vigor benih pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada benih yang dikecambahkan menggunakan media *cocopeat* sebesar 35.2% tidak berbeda nyata dengan benih yang ditanam pada media pasir yaitu sebesar 29.6%, namun berbeda nyata dengan benih yang dikecambahkan dengan media tanam campuran sebesar 0.5%. Perlakuan pendahuluan perendaman air 50 °C selama 30 menit memberikan nilai indeks vigor terbaik sebesar 28% namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa perendaman sebesar 22.2%.

Pengamatan keserempakan tumbuh dilakukan di antara hari perhitungan pertama dan

kedua. Perlakuan media perkecambahan pada penelitian ini berpengaruh nyata pada persentase keserempakan tumbuh. Hasil pengamatan keserempakan tumbuh benih dapat dilihat pada Tabel 4. Selain pada parameter daya berkecambah dan kecepatan tumbuh benih, persentase keserempakan tumbuh pada media *cocopeat* juga cukup baik yaitu sebesar 44.1% tidak berbeda nyata dengan media tanam campuran yaitu sebesar 48.3% dan berbeda nyata dengan media pasir sebesar 38.9%. Nilai keserempakan tumbuh pada media *cocopeat* dan media tanam campuran menunjukkan keseragaman waktu perkecambahan benih yang baik.

Tabel 3. Pengaruh media perkecambahan dan perlakuan pendahuluan terhadap indeks vigor benih kapulaga jawa (%)

Perlakuan pendahuluan (Perendaman)	Indeks vigor (%)			
	Pasir	<i>Cocopeat</i>	Media tanam campuran	Rata-rata*
Tanpa perendaman	28.0	34.7	4.0	22.2 ^a
Alkohol 80% 30 menit	17.3	14.7	0.0	10.7 ^b
Air suhu ruang 5 menit	29.3	36.0	0.0	21.8 ^a
Air suhu ruang 15 menit	28.0	38.7	1.3	22.7 ^a
Air suhu ruang 30 menit	25.3	32.0	0.0	19.1 ^{ab}
Air 50 °C 5 menit	40.0	36.0	0.0	25.3 ^a
Air 50 °C 15 menit	34.7	38.7	0.0	24.4 ^a
Air 50 °C 30 menit	32.0	52.0	0.0	28.0 ^a
Air 75 °C 5 menit	28.0	48.0	0.0	25.3 ^a
Air 75 °C 15 menit	33.3	21.3	0.0	18.2 ^{ab}
Rata-rata**	29.6 ^a	35.2 ^a	0.5 ^b	

Keterangan: data ditransformasi menggunakan metode SQRT ($x + 0.5$) dan diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). $Pr > F$ untuk $M = < 0.0001^{**}$, $T = 0.0257^{*}$, $M \times T = 0.1996^{tn}$. Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris atau kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). KK= 29.13%. * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; tn = tidak nyata.

Tabel 4. Pengaruh media perkecambahan dan perlakuan pendahuluan terhadap keserempakan tumbuh benih kapulaga jawa (%)

Perlakuan pendahuluan (Perendaman)	Keserempakan tumbuh (%)			
	Pasir	<i>Cocopeat</i>	Media tanam campuran	Rata-rata ^{tn}
Tanpa perendaman	40.0	53.3	50.7	48.0
Alkohol 80% 30 menit	48.0	49.3	56.0	51.1
Air suhu ruang 5 menit	44.0	46.7	49.3	46.7
Air suhu ruang 15 menit	41.3	33.3	41.3	38.7
Air suhu ruang 30 menit	42.7	53.3	57.3	51.1
Air 50 °C 5 menit	29.3	44.0	45.3	39.6
Air 50 °C 15 menit	30.7	42.7	50.7	41.3
Air 50 °C 30 menit	41.3	29.3	34.7	35.1
Air 75 °C 5 menit	28.0	33.3	53.3	38.2
Air 75 °C 15 menit	43.3	56.0	44.0	47.8
Rata-rata*	38.9 ^b	44.1 ^{ab}	48.3 ^a	

Keterangan: data diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). $Pr > F$ untuk $M = 0.0320^{*}$, $T = 0.1154^{tn}$, $M \times T = 0.8018^{tn}$. Angka yang diikuti huruf berbeda pada baris yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). KK= 30.71%. * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; tn = tidak nyata.

Menurut Sadjad (1993), rentang nilai keserempakan tumbuh benih antara 40–70%, nilai keserempakan tumbuh kurang dari 40% menandakan benih kurang vigor sedangkan nilai keserempakan tumbuh benih di atas 70% menandakan vigor yang sangat tinggi.

Mean germination time diartikan sebagai rata-rata periode jeda antara waktu mulainya imbibisi benih sampai benih mulai berkecambah (Matthews dan Khajeh Hosseini, 2006). Nilai MGT yang rendah menandakan waktu yang diperlukan benih untuk berkecambah lebih sedikit dibanding benih dengan nilai MGT yang lebih tinggi. Data hasil pengamatan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara media perkecambahan dengan perlakuan pendahuluan. Interaksi perlakuan media *cocopeat* dengan perlakuan pendahuluan perendaman dengan air 50 °C selama 30 menit menghasilkan *mean germination time* tersingkat yaitu 25.0 hari. Pada interaksi antara perlakuan media campuran dengan perlakuan perendaman alkohol selama 30 menit menghasilkan *mean germination time*

terlama yaitu 43.4 hari. Hal ini menunjukkan bahwa *cocopeat* lebih cocok untuk perkecambahan benih kapulaga dibandingkan media tanam lainnya karena imbibisi terjadi lebih awal pada media ini.

Dormansi Benih Kapulaga Jawa

Benih kapulaga yang dipertahankan kadar airnya tetap tinggi (51.7–53.3%) dan segera ditanam tidak bersifat dorman. Berdasarkan data Tabel 6, terlihat tidak terdapat dormansi pada benih kapulaga jawa yang dikecambahkan walaupun nilai benih segar tidak tumbuh pada media pasir mencapai 8%. Hal ini ditunjukkan pada benih yang dikecambahkan pada media yang tepat, yaitu *cocopeat*, dapat berkecambah >80% dengan nilai benih segar tidak tumbuh <5% dan nilai kecambah abnormal 0%. Nilai benih segar tidak tumbuh dan kecambah abnormal pada media tanam campuran juga sangat rendah sebesar 2.7% dan 0%. Tidak adanya fase dormansi dapat juga dilihat dari bentuk kecambah abnormal yang disajikan pada Gambar 7.

Tabel 5. Pengaruh media perkecambahan dan perlakuan pendahuluan terhadap *mean germination time* benih kapulaga jawa

Perlakuan pendahuluan (Perendaman)	<i>Mean germination time</i> (hari)		
	Pasir	<i>Cocopeat</i>	Media tanam campuran
Tanpa perendaman	28.4 ^{Aa}	27.9 ^{Aab}	32.6 ^{Ad}
Alkohol 80% 30 menit	27.4 ^{Ba}	31.0 ^{Ba}	43.4 ^{Aa}
Air suhu ruang 5 menit	29.6 ^{Ba}	27.4 ^{Bb}	41.0 ^{Aab}
Air suhu ruang 15 menit	29.1 ^{Aba}	27.2 ^{Bb}	34.0 ^{Acd}
Air suhu ruang 30 menit	28.1 ^{Ba}	25.9 ^{Bb}	35.4 ^{Abcd}
Air 50 °C 5 menit	27.4 ^{Ba}	27.0 ^{Bb}	38.3 ^{Aabc}
Air 50 °C 15 menit	27.2 ^{Ba}	26.6 ^{Bb}	38.2 ^{Aabc}
Air 50 °C 30 menit	27.2 ^{Ba}	25.0 ^{Bb}	40.2 ^{Aab}
Air 75 °C 5 menit	28.2 ^{Ba}	26.0 ^{Bb}	39.1 ^{Aabc}
Air 75 °C 15 menit	29.5 ^{Ba}	27.5 ^{Bab}	39.4 ^{Aabc}

Keterangan: data ditransformasi menggunakan metode boxcox dan diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). $Pr > F$ untuk $M = <0.0001^{**}$, $T = 0.0299^{*}$, $M \times T = 0.0280^{*}$. Angka yang diikuti huruf kapital berbeda pada baris yang sama dan angka yang diikuti huruf kecil berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). KK = 7.10%. * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; ^{tn} = tidak nyata.

Tabel 6. Nilai DB, PTM, KAN, BM, dan BSTT benih kapulaga tanpa perlakuan pendahuluan

Media	DB (%) [*]	PTM (%) [*]	KAN (%) ^{tn}	BM (%) [*]	BSTT (%) ^{tn}
Pasir	70.7 ^b	72.0 ^{ab}	1.3	20.0 ^b	8.0
<i>Cocopeat</i>	90.7 ^a	90.7 ^a	0.0	8.0 ^b	1.3
Media tanam campuran	58.7 ^b	58.7 ^b	0.0	38.7 ^a	2.7
$Pr > F$	0.0186	0.0334	0.4444	0.0135	0.5325
KK (%)	21.04	24.51	54.54	30.89	79.96

Keterangan: data ditransformasi menggunakan metode boxcox (DB dan PTM) dan SQRT ($x + 0.5$) (KAN dan BSTT) selanjutnya diuji menggunakan uji F ($\alpha = 0.05$). Angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan beda nyata pada uji DMRT ($\alpha = 0.05$). DB = daya berkecambah, PTM = potensi tumbuh maksimum, KAN = kecambah abnormal, BM = benih mati, dan BSTT = benih segar tidak tumbuh, * = berbeda nyata; ** = berbeda sangat nyata; ^{tn} = tidak nyata.

Kecambah abnormal yang ditemukan bukan disebabkan karena terlambat berkecambah melainkan struktur kecambah yang cacat atau kecambah yang tidak proposional seperti plumula tidak terbentuk, koleoptil tidak terbentuk, hipokotil melingkar membentuk huruf O, poliembrioni, benih melintir ke atas permukaan, dan kecambah menguning.

Benih mati pada penelitian ini merupakan benih yang hancur jika ditekan, dapat disebabkan

oleh bakteri yang mungkin berasal dari udara maupun dari air yang digunakan untuk menyiram selama perkecambahan. Persentase benih mati tertinggi terdapat pada media tanam campuran yaitu sebesar 38.7%. Media tanam campuran diduga merupakan lingkungan yang optimal untuk bakteri untuk berkembang biak.



Gambar 7. Abnormalitas kecambah pada benih kapulaga jawa. (a) kecambah normal, (b–g) kecambah abnormal, (b) plumula tidak terbentuk, (c) tidak terbentuk koleoptil, (d) hipokotil melingkar membentuk huruf O, (e) embrio kembar, (f) benih melintir keatas permukaan, dan (g) kecambah menguning

KESIMPULAN

Perlakuan pendahuluan yang diberikan kepada benih kapulaga jawa tidak dapat meningkatkan maupun mempercepat proses perkecambahan. Perlakuan pendahuluan berpengaruh nyata terhadap tolak ukur indeks vigor dengan perlakuan perendaman air 50 °C selama 30 menit memberikan hasil terbaik sebesar 28% namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan tanpa perendaman (kontrol) sebesar 22.2%. Perlakuan media perkecambahan berpengaruh nyata pada semua parameter yang diamati. Terdapat interaksi antara media perkecambahan dengan perlakuan pendahuluan terhadap *mean germination time*. Perendaman dengan air 50 °C selama 30 menit pada media *cocopeat* memberikan *mean germination time* tersingkat yaitu 25.0 hari.

Media pasir tidak memberikan hasil maksimum untuk perkecambahan benih kapulaga jawa. *Cocopeat* merupakan media terbaik untuk perkecambahan benih kapulaga jawa. Media *cocopeat* menghasilkan daya berkecambah sebesar 80.5% nyata lebih tinggi dibanding media pasir dan

media tanam campuran sebesar 71.1% dan 54.5%. Kecepatan tumbuh pada media *cocopeat* sebesar 3.11% etmal⁻¹ nyata lebih tinggi dibanding media pasir dan media tanam campuran sebesar 2.74% etmal⁻¹ dan 1.50% etmal⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Alkandahri, M.Y., M.Z. Shafirany, A. Rusdin, L.S. Agustina, F. Pangaribuan, F. Fitrianti, Farhamzah, A.H. Kusumawati, S. Sugiharta, M. Arfania, L.A. Mardiana. 2021. *Amomum compactum*: A review of pharmacological studies. *Plant Cell Biotechnol. Mol. Biol.* 22:61-69. DOI: <https://doi.org/10.9734/bpi/caprd/v4/2775E>.
- Anjali, N., K.M. Ganga, F. Nadiya, S. Shefeek, K.K. Sabu. 2016. Intraspecific variations in cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton): assessment of genomic diversity by flow cytometry, cytological studies and ISSR analysis. *Springerplus.* 5(1):1–11. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3226-x>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. *Produksi Tanaman Biofarmaka Menurut Provinsi dan*

- Jenis Tanaman 2020.
https://www.bps.go.id/indikator/indikator/vi ew_data_pub/0000/api_pub/UVmZy2pGV 3kyWjhLYm9UTEdtYk52Zz09/da_05/1.
- Bahri, S., Saukani. 2017. Pengaruh ukuran biji dan media tanam terhadap perkecambahan dan pertumbuhan bibit karet (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.). J. Penelit Agrosamudra. 4(1):58–70. DOI: <https://doi.org/10.25181/aip.v5i1.651>.
- Dahanayake, N. 2015. Application of seed treatments to increase germinability of cardamom (*Elettaria cardamomum*) seeds under in vitro conditions. Sabaragamuwa Univ. J. 13(2):23–29. DOI: <https://doi.org/10.4038/suslj.v13i2.7679>.
- Harist, M.C., I.P.A. Shidiq, A.H. Fitriani, A.D. Santoso. 2018. A GIS-based model for a land suitability analysis of *Amomum compactum* Soland ex Maton (cardamom) in West Sumatra. Di dalam: *AIP Conference Proceedings*. Volume ke-2021. Maryland: American Institute of Physics. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5062733>.
- Hasrawati, H., K. Mustari, A. Dachlan. 2015. Pengujian viabilitas benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L) pada berbagai lama penyimpanan dengan menggunakan uji tetrazolium. J. Agrotan. 1(2):94–107.
- Heryanto, R., C. Syukur. 2021. Study of genetic diversity and relationship of 100 cardamom (*Elettaria cardamomum*) lines based on morphological characters. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 752(1). DDOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/752/1/012046>.
- [ISTA] International Seed Testing Asscosiation. 2018. International Rules for Seed Testing. Switzerland: ISTA.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2019. Standar Operasional Prosedur (SOP) Kapulaga (*Amomum cardamomum*) Kabupaten Tasikmalaya. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Kesti, M.V., B. Irawan, P. Priyambodo, M.L. Lande. 2020. The effect of *cocopeat* and charcoal combination in growing media of green mustard (*Brassica rapa* L.) var. Parachinensis growth. J. Ilm. Biol. Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati. 7(1):62–66. DOI: <https://doi.org/10.23960/jbekh.v7i1.18>.
- Lesilolo, M., J. Riry, E. Matatula. 2018. Pengujian viabilitas dan vigor benih beberapa jenis tanaman yang beredar di pasaran Kota Ambon. Agrolgia. 2(1):1–9. DOI: <https://doi.org/10.30598/a.v2i1.272>.
- Liao, J.P., Q.G. Wu. 2000. A preliminary study of the seed anatomy of Zingiberaceae. Bot. J. Linn Soc. 134(1–2):287–300. DOI: <https://doi.org/10.1006/bojl.2000.0374>.
- Louf, J.F., Y. Zheng, A. Kumar, T. Bohr, C. Gundlach, J. Harholt, H.F. Poulsen, K.H. Jensen. 2018. Imbibition in plant seeds. Phys. Rev. E. 98(4). DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevE.98.042403>.
- Matthews, S., M. K. Hosseini. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Sci. Technol.* 34(2):339–347. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.09>.
- Murrinie, E.D., P. Yudono, A. Purwantoro, E. Sulistyaningsih. 2017. Identifikasi sifat benih kawasita (*Feronia limonia* (L.) Swingle) untuk tujuan penyimpanan. Di dalam: R. Nindyasari, M.M. Hakim, I.A. Rozak, B.C. Wibowo. Prosiding SNATIF ke-4; 2017 Jul 25; Kudus, Indonesia. Kudus: 509–516.
- Nasrul, N. Fridayanti. 2018. Pengaruh lama perendaman dan suhu air terhadap pemecahan dormansi benih sengon (*Paraseriathes falcataria* (L.) Nielsen). J. Agrium. 11(2):129. DOI: <https://doi.org/10.29103/agrium.v11i2.618>.
- Prastio, P.R., A. Farmia. 2021. Pengaruh media semai dan dosis biochar terhadap pertumbuhan benih cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) di persemaian. Di dalam: Purwanta, O. Anwarudin, B.L. Syaifullah, S.I. Wati, N.P.V.T. Timur. Prosiding Seminar Nasional Pembangunan dan Pendidikan Vokasi Pertanian; 2021 Jul 31; Manokwari, Indonesia. Manokwari: 303–313. DOI: <https://doi.org/10.47687/snppvp.v2i1.184>.
- Priestley, D.A., A.C. Leopold. 1980. Alcohol stress on soya bean seeds. Ann. Bot. 45(1):39–45. DOI: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085799>.
- Radhamani, J., S. Malik, K. Chandel. 1991. Structural changes associated with dormancy breaking treatments in cardamom. Indian J. Plant Genet Resour. 4(2):27–33. <https://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:ijpgr&volume=4&issue=2&article=004>.

- Rahayu, A., T. Hardiyati, P. Hidayat. 2014. Pengaruh Polyethylene glycol 6000 dan lama penyimpanan terhadap mutu benih kakao (*Theobroma cacao* L.). Pelita Perkeb. 30(1):15–24. DOI: <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v30i1.193>.
- Rahayu, A.D., T.K. Suharsi. 2015. Pengamatan uji daya berkecambah dan optimalisasi substrat perkecambahan benih kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus* L. (DC)). Bul. Agrohorti. 3(1):18–27. DOI: <https://doi.org/10.29244/agrob.v3i1.14821>.
- Rajjou, L., M. Duval, K. Gallardo, J. Catusse, J. Bally, C. Job, D. Job. 2012. Seed germination and vigor. Annu Rev. Plant Biol. 63:507–533. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105550>.
- Rivai, R.R., F.F. Wardani, M.G. Devi. 2015. Germination and breaking seed dormancy of *Alpinia malaccensis*. Nusantara Biosci. 7(2):67–72. DOI: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n070202>.
- Rodrigo, W.D.R.J., N. Dahanayake, S.G.J.N. Senanayake. 2015. Germination potential of toddy palm (*Caryota urens*), cardamom (*Elettaria cardamomum*) and nutmeg (*Myristica fragrans*) seeds under in vivo conditions. Trop. Agric. Res. Ext. 15(4):115. DOI: <https://doi.org/10.4038/tare.v15i4.5262>.
- Sadjad, S. 1993. *Dari benih kepada benih*. PT Grasindo: Jakarta.
- Sajana, S., G. Munde, A. Shirsath. 2013. Effect of growing media on seed germination and seedling growth of papaya cv. “Red lady.” Indian J. Agric. Res. 47(2):163–168. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJPS11.265>.
- Santoso, H. 1988. Kapulaga. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Sarma, Y.R., K.N. Babu, S. Aziz. 2014. Spices and aromatics. Encyclopedia of Agriculture. 5:211–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00153-4>.
- Seid, H., T. Mulualem, G. Shiferaw, A. Atilaw, B. Herko. 2019. Enhancement of seed germination and seedling growth of cardamom (*Elletaria cardamomum*) at Tepi South-western part of Ethiopia. Acad. Reasearch J. Agric. Sci. Res. 7 September:303–306. DOI: <https://doi.org/10.14662/ARJASR2019.025>.
- Setyawan, A.D., Wiryanto, Suranto, N. Bermawie, Sudarmono. 2018. Short communication: an insight into protein sequences of ptplike cysteine phytases. Nusantara Biosci. 6(1):94–101. DOI: <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n060115>.
- Widajati, E., E. Murniati, E.R. Palupi, T. Kartika, M. Suhartanto, A. Qadir. 2017. Dasar Ilmu dan Teknologi Benih. Bogor: IPB Press.
- Wulandari, A., A. Farzana. 2020. Mutu fisik dan teknik pematangan dormansi benih kayu kuku (*Pericopsis mooniana* (Thw.) Thw.). J. Silviculture Trop. 11(3):199–205. DOI: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.11.3.199-205>.
- Zanzibar, M. 2017. The Type of Dormancy and pre treatment for breaking dormancy of balsa (*Ochroma bicolor* ROWLEE) seed. J. Perbenihan Tanam Hutan. 5(1):51–60. DOI: <https://doi.org/10.20886/bptpth.2017.5.1.51-60>.