

PENGARUH PENGGUNAAN INVIGORASI DAN LAMA PENYIMPANAN TERHADAP VIABILITAS DAN PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO

Binuril Ma'rifah, Gatot Subroto, Muhammad Ghuftron Rosyady, Dyah Ayu Savitri

Program Studi Ilmu Pertanian-Perkebunan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

Email: binurilmarifah@gmail.com

ABSTRAK

Benih kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan benih rekalsitran yang cepat mengalami kemunduran selama penyimpanan. Lama penyimpanan akan mempengaruhi viabilitas dan pertumbuhan bibit kakao. Semakin lama benih disimpan, maka semakin turun kualitas dan mutunya. Oleh karena itu, dengan penanganan benih yang tepat melalui invigorasi, dapat menjadi solusi untuk mempertahankan dan meningkatkan viabilitas dan vigor. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh invigorasi dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih dan pertumbuhan awal bibit kakao. Bahan yang digunakan benih kakao, cocopeat, PEG 6000, NAA, GA₃ dan bahan pendukung lainnya. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap faktorial yang terdiri dari dua faktor. Faktor pertama adalah jenis invigorasi yang terdiri 4 taraf perlakuan yaitu kontrol, cocopeat + PEG 6000, cocopeat + NAA + GA₃, dan cocopeat + PEG 6000 + NAA + GA₃. Faktor kedua adalah lama penyimpanan yang terdiri dari 3 taraf yaitu 4, 6, dan 8 minggu penyimpanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan jenis invigorasi dengan cocopeat, PEG 6000, NAA dan GA₃ dengan lama penyimpanan 4 minggu memberikan hasil yang berbeda sangat nyata terhadap persentase benih berjamur saat penyimpanan, daya berkecambah, jumlah daun, tinggi bibit dan volume akar.

Kata kunci— cocopeat; PEG 6000; NAA; GA₃

PENDAHULUAN

Benih kakao adalah benih rekalsitran yang sukar disimpan pada periode yang lama. Saat memasuki masak fisiologis benih kakao mempunyai kadar air tinggi yakni lebih dari 40%. Viabilitas benih kakao akan hilang apabila benih berada di bawah ambang kadar air (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010). Prihastanti (2012) melaporkan bahwa perkiraan pengiriman benih kakao antar pulau setidaknya membutuhkan waktu antara tiga sampai tujuh hari. Selama periode pengiriman tersebut terdapat kemungkinan benih yang berkecambah, mengalami kebusukan dan jenis kerusakan lain yang berimbas kepada penurunan viabilitas serta vigor benih. Sobari et al. (2020) menjelaskan bahwa selama masa penyimpanan terjadi proses hidrolisis yang menyebabkan perubahan cadangan makanan menjadi asam lemak bebas. Peningkatan asam lemak bebas diiringi juga dengan penurunan cadangan makanan yang semakin besar.

Invigorasi merupakan suatu perlakuan baik fisik atau kimia guna memperbaiki dan meningkatkan mutu benih yang telah mengalami kemunduran (Rachma et al., 2016). Hasil penelitian Panggabean (2018) menunjukkan bahwa perlakuan berbagai jenis media tanam berpengaruh nyata terhadap persen benih yang berkecambah pada saat penyimpanan, kadar air setelah penyimpanan benih, persen benih berjamur serta indeks vigor. Media simpan cocopeat berpengaruh terhadap viabilitas benih kakao. Pada penelitian tersebut persentase benih berkecambah lebih rendah dibanding dengan kontrol dan perlakuan menggunakan media sekam. Cocopeat memiliki daya serap yang tinggi sehingga kelembaban benih selama penyimpanan dapat terjaga dengan baik.

Polyethylene glycol (PEG) 6000 merupakan bahan pelapis benih dalam teknik invigorasi. Hasil penelitian Manurung (2019) menunjukkan PEG 6000 dapat dipakai sebagai alternatif media simpan. PEG 6000 mampu mempertahankan kondisi optimum benih, sehingga penggunaannya dapat menekan kemungkinan terjadinya benih berkecambah dan berjamur selama penyimpanan. Penggunaan PEG 6000 ditinjau dari besarnya konsentrasi yang diberikan supaya dapat mendekati keadaan isotonis. Penggunaan PEG sebagai bahan pelapis telah diteliti oleh Husni et al. (2014) yang melaporkan bahwa penggunaan pelapis PEG 6000 saat penyimpanan secara tidak langsung dapat menekan serangan jamur dan berpengaruh sangat nyata terhadap persen benih berkecambah saat penyimpanan.

Asam giberelin (GA) merupakan hormon yang berpengaruh pada proses perkecambah dengan merangsang pembentukan α -amilase. Adanya enzim tersebut akan menghidrolisis endospermae sehingga mendegradasi pati menjadi gula. Asam naftalena asetat atau NAA adalah golongan auksin yang dapat memacu pemanjangan sel serta mendorong pembentukan akar. Perendaman benih akan memicu terjadinya imbibisi pada benih. Masuknya auksin akan menyebabkan perangsangan aktivitas pembelahan sel dan pembentukan batang. Adanya penambahan auksin akan meningkatkan aktivitas metabolisme, biokimia dan proses imbibisi pada benih. Kemudian peningkatan imbibisi tersebut akan berdampak pada peningkatan indeks vigor yang dihasilkan (Asra et al., 2020). Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan informasi tentang metode penyimpanan benih guna menekan penurunan mutu selama penyimpanan benih tanpa menurunkan kemampuan benih untuk tumbuh dan berkembang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan jenis invigorasi dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih dan pertumbuhan awal bibit kakao.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan di *greenhouse* dan laboratorium Fakultas Pertanian Universitas Jember Kampus Bondowoso. Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai Juni 2022. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, timbangan analitik, oven, beaker glass, gelas ukur 10 ml, kotak kardus, dan alat pendukung lainnya. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kakao, cocopeat, *polyethylene Glycol* (PEG), NAA, GA₃, fungisida, aquades, dan bahan pendukung lainnya.

B. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai dari persiapan bahan benih. Obyek pengamatan yang digunakan adalah benih buah kakao edel DR 2. Buah kakao yang digunakan merupakan buah yang telah matang dan bebas dari hama dan patogen. Setelah benih dibersihkan, direndam dalam fungisida Dithane M-45 sebanyak 2 g/liter aquades selama 15 menit, setelah itu dikering anginkan. Benih dikemas dalam plastik yang telah diberi 12 lubang dengan diameter 6 mm dan dimasukkan ke dalam kotak kardus tertutup yang berukuran 28 x 13 x 10 cm. Perlakuan benih diberikan sesuai dengan rancangan percobaan.

Pada perlakuan PEG, perendaman fungisida dilakukan bersamaan dengan perlakuan PEG 6000. PEG 6000 dilarutkan pada aquadest dengan konsentrasi 20% dan secara bersamaan dilarutkan fungisida Dithane M-45. Kemudian benih dikering anginkan dan dikemas dalam plastik. Setelah itu, kemasan plastik tersebut disimpan dalam kardus yang dikelilingi media simpan cocopeat. Benih disimpan sesuai dengan perlakuan lama penyimpanan yaitu 4 minggu, 6 minggu dan 8 minggu. Sedangkan perlakuan perlakuan NAA + GA₃ diberikan setelah masa penyimpanan benih. Perendaman benih dilakukan selama 6 jam.

C. Variabel Pengamatan

Pengamatan dilakukan setelah penyimpanan benih dan setelah benih ditanam. Parameter yang diamati yaitu kadar air benih, persentase benih berkecambah pada penyimpanan, persentase benih berjamur pada penyimpanan, daya berkecambah, jumlah daun, tinggi bibit, dan volume akar.

a. Kadar air benih

Perhitungan kadar air benih dilakukan melalui dua kali pengukuran. Pengukuran pertama dilakukan sebelum benih disimpan. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui rata-rata kadar air awal benih sebelum penyimpanan. Pengukuran kedua dilakukan setelah perlakuan penyimpanan. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui perbedaan kadar air setelah penyimpanan pada masing-masing perlakuan. Berat kering benih diukur dengan cara mengovenkan sampel pada suhu 70°C selama 24 jam dan telah mencapai berat konstan. Pengukuran kadar air berdasarkan rumus Manurung (2019) sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar benih} = \frac{\text{Berat basah} - \text{berat kering}}{\text{Berat basah}} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

Berat basah = berat benih mula-mula

Berat kering = berat benih setelah dikeringkan

b. Persentase benih berkecambah pada penyimpanan

Perhitungan persentase berkecambah dilakukan setelah benih disimpan, berikut rumus persentase benih berkecambah (Manurung, 2019) :

$$\% \text{ Benih berkecambah} = \frac{\text{Jumlah benih berkecambah}}{\text{Jumlah benih disimpan}} \times 100\% \quad (2)$$

c. Persentase benih berjamur pada penyimpanan

Persentase benih berjamur dilakukan setelah penyimpanan. Perhitungan persentase benih berjamur (Manurung, 2019) sebagai berikut:

$$\% \text{ Benih berjamur} = \frac{\text{Jumlah benih berjamur}}{\text{Jumlah benih disimpan}} \times 100\% \quad (3)$$

d. Daya berkecambah

Daya berkecambah diperoleh dengan menghitung jumlah benih berkecambah normal selama jangka waktu 7 hari. Berikut ini rumus perhitungan daya berkecambah (Badan Standar Nasional dalam Supardy et al., 2016):

$$\text{Daya berkecambah (\%)} = \frac{\text{Jumlah kecambah normal yang dihasilkan}}{\text{Jumlah benih yang ditanam}} \times 100\% \quad (4)$$

e. Jumlah daun

Pengamatan dilakukan pada akhir pengamatan dengan menghitung jumlah daun dalam setiap bibit kakao (Manurung, 2019).

f. Tinggi bibit

Pengukuran tinggi bibit diperoleh dengan mengukur bagian pangkal batang hingga bagian daun terpanjang pada bibit kakao (Manurung, 2019).

g. Volume akar

Volume akar diperoleh dengan memberikan air pada gelas ukur dan dihitung volume air tersebut sebelum diberi akar dan sesudah diberi akar. Volume akar diperoleh hari selisih volume setelah pemberian akar dengan sebelum diberikan akar (Panggabean, 2018).

$$\text{Volume akar} = V_2 - V_1 \quad (5)$$

Keterangan :

V1 = Volume air sebelum dimasukkan akar ke dalam gelas ukur

V2 = Volume air setelah dimasukkan akar ke dalam gelas ukur

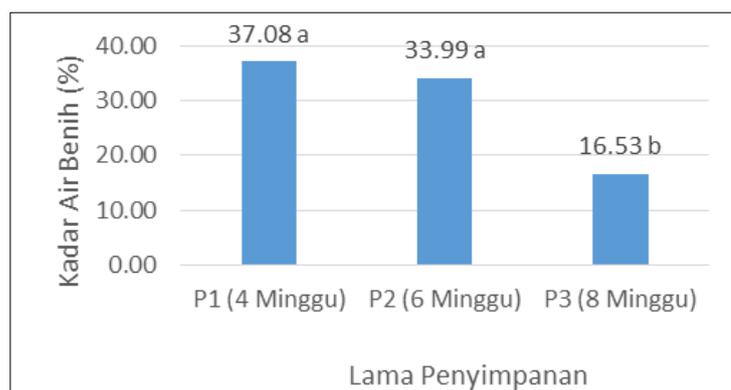
D. Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jenis invigorasi (J) yang terdiri dari empat taraf yaitu J1: Kontrol; J2: Cocopeat +PEG 6000 konsentrasi 20%; J3: Cocopeat +NAA 0,1 mmol +GA₃ 0,01 mmol; J4: Cocopeat +PEG 6000 konsentrasi 20% + NAA 0,1 mmol + GA₃ 0,01 mmol. Faktor kedua adalah lama penyimpanan (P) yang terdiri dari tiga taraf yaitu P1: 4 minggu; P2: 6 minggu; P3: 8 minggu. Pada setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 36 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri 25 benih kakao yang disimpan. Hasil perolehan data dianalisis menggunakan sidik ragam linier. Jika menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan pengujian *Duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kadar air benih

Sebelum dilakukan perlakuan, dilakukan pengukuran kadar air benih sebelum penyimpanan sebesar 46.97%. Kadar air benih setelah penyimpanan, disajikan pada gambar 1, yang menunjukkan kadar air tertinggi terdapat pada perlakuan P1 yaitu 37.08%. Sedangkan kadar air terendah terdapat pada perlakuan P3 yaitu 16.53%. Perlakuan P1 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P2 yaitu 33.99%. Masa penyimpanan benih dapat menurunkan kadar air benih, semakin lama benih disimpan, maka semakin kecil kadar air benih. Hal ini didukung oleh penelitian Nahampun et al., (2018) yang menunjukkan bahwa penyimpanan benih yang semakin lama akan berpengaruh pada penurunan kadar air.

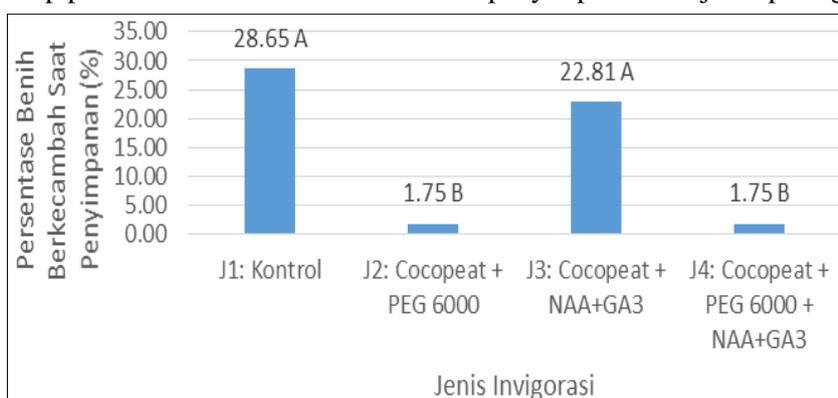


Gambar 1. Pengaruh lama penyimpanan terhadap kadar air benih setelah disimpan, notasi yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5%.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa lama penyimpanan berpengaruh dalam penurunan kadar air dalam benih, hasil menunjukkan berbeda nyata antara lama penyimpanan 4 minggu (P1) dengan lama penyimpanan 8 minggu (P3), namun berbeda tidak nyata dengan lama penyimpanan 6 minggu (P2). Penyimpanan benih hingga 4 minggu menghasilkan kadar air benih tertinggi jika dibandingkan perlakuan lain. Sehingga semakin lama benih disimpan, maka kadar air benih semakin rendah. Penurunan kadar air benih diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan disekitar benih seperti suhu dan kelembaban. Viabilitas benih sangat bergantung terhadap kadar air benih. Keberadaan air akan berpengaruh terhadap struktur sel serta proses biokimia dari setiap organ atau jaringan tanaman. Air adalah pelarut dan media dimana zat terlarut dan reaksi biokimia berlangsung didalam sel tanaman (Widajati et al., 2013). Benih kakao sebagai benih rekalsitran memiliki kadar air tinggi dan sensitif terhadap kekeringan (Yudono, 2018). Benih kakao bermetabolisme aktif dengan laju respirasi yang tinggi dan memiliki tingkat diferensiasi intraseluler yang tinggi. Apabila kadar air dipertahankan dalam kadar yang tinggi, maka benih kakao akan cepat berkecambah sehingga penyimpanan dalam kondisi lembab hanya dapat dilakukan dalam waktu yang singkat. Disisi lain, kondisi lingkungan penyimpanan yang kering menyebabkan kerentanan benih terhadap penurunan kadar air sehingga daya berkecambah akan menurun seiring dengan berkurangnya kadar air benih (Sudrajat et al., 2017).

B. Persentase benih berkecambah

Hasil sidik ragam menunjukkan perlakuan invigorasi memberikan hasil berbeda sangat nyata pada persentase benih berkecambah saat penyimpanan. Perlakuan J1 memiliki persentase benih berkecambah tertinggi yaitu 28.65%. Sedangkan persentase benih berkecambah terendah terdapat pada perlakuan J2 dan J4 yaitu 1.75%. Perlakuan J1 berbeda tidak nyata terhadap J3. Hal ini menjelaskan bahwa tanpa adanya perlakuan invigorasi (J1) menghasilkan perkecambahan benih tertinggi selama penyimpanan jika dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pada perlakuan J2 dan J4, pemberian PEG 6000 dapat menekan persentase perkecambahan benih kakao selama disimpan. Pengaruh jenis invigorasi terhadap persentase benih berkecambah saat penyimpanan disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh jenis invigorasi terhadap persentase benih berkecambah, notasi yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT pada taraf 5%.

Perkecambahan benih tidak hanya dipengaruhi oleh faktor genetik benih itu saja, namun juga dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti air, cahaya dan oksigen. Dengan adanya pembatasan salah satu faktor akan dapat menghambat perkecambahan benih. Pada hasil penelitian yang menunjukkan bahwa dengan adanya pemberian PEG 6000 pada perlakuan J2 dan J4 menghasilkan perkecambahan benih yang rendah, sedangkan pada perlakuan kontrol atau tanpa PEG 6000 menghasilkan persentase perkecambahan benih yang tertinggi. Hal ini disebabkan PEG 6000 merupakan salah satu senyawa sintesis yang dapat mempertahankan tekanan osmotik pada benih sehingga membentuk lapisan tipis yang dapat mengontrol keluar masuknya air dan oksigen. Hal ini didukung oleh penelitian Nengsih (2014) yang menjelaskan bahwa penyimpanan benih kakao tanpa PEG 6000 menghasilkan persen perkecambahan yang tinggi. Tidak adanya bahan yang dapat membatasi ketersediaan air dan oksigen dalam benih, serta kandungan air awal yang tinggi akan membantu terjadinya perkecambahan. Air yang terdapat disekitar benih akan diserap oleh benih. Hal ini menyebabkan aktivitas enzim dan amilase yang mencerna pati dan lemak dalam cadangan makanan menjadi aktif untuk menghasilkan energi dan zat lain yang diperlukan untuk pertumbuhan embrio dalam benih.

C. Persentase benih berjamur saat penyimpanan

Persentase benih berjamur dapat disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis ragam menunjukkan terdapat interaksi yang berpengaruh nyata antara penggunaan invigorasi dengan lama penyimpanan.

Tabel 1. Persentase Benih Berjamur Saat Penyimpanan

Jenis invigorasi	Persentase Benih Berjamur Saat Penyimpanan (%)		
	P1 (4 Minggu)	P2 (6 Minggu)	P3 (8 Minggu)
J1: Kontrol	49.12 ABb	59.65 Bb	100.00 Aa
J2: Cocopeat + PEG 6000	54.39 Ab	94.74 Aa	100.00 Aa
J3: Cocopeat + NAA+GA ₃	29.82 Cb	91.23 Aba	100.00 Aa
J4: Cocopeat + PEG 6000 + NAA+GA ₃	43.86 BCb	100.00 Aa	100.00 Aa

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 1 menunjukkan persentase benih berjamur tertinggi terdapat pada perlakuan J4P2, J1P3, J2P3, J3P3, dan J4P3 yaitu 100% (semua benih berjamur). Persentase jamur tertinggi secara umum berasal dari lama penyimpanan benih 8 minggu (P3). Sehingga dapat diketahui lama penyimpanan berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur. Hal ini dapat terjadi karena tingginya kadar air sebelum penyimpanan yaitu 46.97% dan kondisi lingkungan yang mendukung sehingga berakibat pada kemudahan benih terserang jamur. Rahayu dkk. (2014) menjelaskan bahwa penyimpanan benih dengan kadar air yang tinggi akan meningkatkan resiko berjamur sehingga diperlukan penambahan fungisida guna menekan pertumbuhan jamur. Lebih lanjut, pada penyimpanan 8 minggu, perlakuan invigorasi tidak dapat menekan pertumbuhan jamur. Pada lama penyimpanan 4 minggu dan 6 minggu, perlakuan kontrol atau tanpa adanya invigorasi menghasilkan persen benih berjamur yang rendah jika dibandingkan dengan perlakuan lain yang menggunakan cocopeat, PEG 6000, NAA dan GA₃.

Selama penyimpanan pertumbuhan jamur dipengaruhi oleh kelembaban dan lama penyimpanan. Suhu dan kelembaban berpengaruh terhadap penyimpanan benih kakao. Suhu simpan kakao berkisar 18°C-30°C. Suhu diatas 35 °C dapat mempercepat laju respirasi dan pengeringan dalam benih. Sedangkan suhu yang rendah atau dibawah 10 °C dapat memperlambat laju respirasi sehingga benih mampu disimpan dalam waktu yang lama. Namun, dari sifat benih kakao tidak dapat disimpan disuhu rendah sehingga upaya tersebut tidak dapat dilakukan (Widajati et al., 2013). Benih kakao bersifat higroskopis karena benih melakukan keseimbangan dengan udara disekitarnya dan menyerap air jika udara lembab. Selama penyimpanan hubungan kelembaban dengan kadar air menjadi aspek penting. Karena benih bersifat higroskopis, maka dengan mengatur kelembaban nisbi kondisi ruang simpan dapat mempengaruhi kadar air benih (Sudrajat et al., 2017). Oleh karena itu, dengan penggunaan cocopeat sebagai media simpan bertujuan untuk menjaga kelembaban ruang simpan dan kadar air benih, sehingga dapat menekan terjadinya kekeringan. Namun dengan adanya ruang simpan yang lembab mengakibatkan munculnya jamur sehingga dapat mempengaruhi viabilitas benih. Hasil penelitian

(Nengsih, 2014) menunjukkan bahwa dengan penggunaan cocopeat sebagai media simpan dapat mempertahankan kadar air benih namun berdampak pada terserangnya jamur yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan media serbuk gergaji, arang sekam, dan serbung arang kayu.

Pada perlakuan kontrol menghasilkan persentase benih berjamur yang rendah jika dibandingkan dengan adanya perlakuan invigorasi. Hal ini dapat terjadi karena tingkat kelembaban yang rendah akibat tidak adanya cocopeat sebagai penyangga kelembaban. Selain itu didukung dengan adanya kadar air benih yang tinggi sebelum penyimpanan. Benih kakao sebagai benih higroskopis yang memiliki kadar air yang tinggi dan adanya uap air serta energi panas yang dikeluarkan selama proses respirasi menyebabkan kelembaban dan suhu ruang simpan meningkat, sehingga kondisi tersebut mendukung perkembangan jamur lebih cepat (Widajati et al., 2013).

Hasil penelitian Rahayu et al. (2014) menunjukkan bahwa semakin lama benih disimpan maka dapat meningkatkan pertumbuhan jamur, dan semakin tinggi konsentrasi PEG 6000 maka pertumbuhan jamur dapat ditekan sehingga persentase semakin rendah. Pada lama penyimpanan benih selama tiga minggu dengan konsentrasi PEG 6000 40% dan 60% dapat menghambat persentase benih berjamur, namun pada konsentrasi 20% tidak dapat menekan pertumbuhan jamur. Sedangkan pada konsentrasi 0% (kontrol) menghasilkan persentase benih berjamur yang rendah jika dibandingkan dengan perlakuan PEG 6000 20%. Dari hasil penelitian Rahayu et al. (2014) terjadi kesesuaian hasil penelitian dimana persentase benih berjamur perlakuan kontrol lebih rendah jika dibandingkan dengan adanya perlakuan invigorasi PEG 6000. Kondisi ini terjadi karena rendahnya kelembaban ruang simpan sehingga lingkungan simpan menjadi kering dan tidak mendukung perkembangan jamur. Maka dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan ruang simpan mempengaruhi pertumbuhan jamur, namun dengan penambahan PEG 6000 dengan konsentrasi yang tepat dapat menekan pertumbuhan jamur selama penyimpanan.

D. Daya berkecambah

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara jenis invigorasi dan lama penyimpanan yang berbeda sangat nyata terhadap daya berkecambah. Interaksi kedua perlakuan dapat disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Daya Berkecambah Benih Kakao

Jenis invigorasi	Daya Berkecambah Benih Kakao (%)		
	P1 (4 Minggu)	P2 (6 Minggu)	P3 (8 Minggu)
J1: Kontrol	0 Ca	0 Ba	0 Aa
J2: Cocopeat + PEG 6000	76.67 Aa	10.00 Ab	0 Ac
J3: Cocopeat + NAA+GA ₃	56.67 Ba	0 Bb	0 Ab
J4: Cocopeat + PEG 6000 + NAA+GA ₃	73.33 Aa	13.33 Ab	0 Ac

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tabel 2 menunjukkan daya berkecambah tertinggi terdapat pada perlakuan cocopeat dan PEG 6000 dengan lama penyimpanan 4 minggu (J2P1) yaitu 76.67% namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan cocopeat, PEG 6000, NAA dan GA₃ (J4P1) yaitu 73.33%. Sedangkan daya berkecambah terendah terdapat pada perlakuan semua perlakuan kontrol dan lama penyimpanan 8 minggu. Hasil penelitian menunjukkan semakin lama benih disimpan dapat menurunkan daya berkecambah benih, namun dengan adanya perlakuan invigorasi dapat menekan penurunan daya berkecambah. Sehingga dengan adanya perlakuan invigorasi daya berkecambah benih kakao dapat dipertahankan hingga penyimpanan minggu keenam. Rahayu et al., (2014) juga menunjukkan dalam penelitiannya bahwa interaksi PEG dengan konsentrasi 20% dapat mempertahankan daya berkecambah hingga minggu ke-6, namun daya berkecambah terbaik pada masa penyimpanan 3 minggu.

Daya berkecambah perlakuan invigorasi dengan cocopeat, PEG 6000 berbeda tidak nyata terhadap perlakuan dengan penambahan NAA dan GA₃ (J4). Dengan adanya kombinasi NAA dan GA₃ mempengaruhi daya berkecambah benih kakao, hal ini dapat dilihat dari nilai daya berkecambah perlakuan J4 pada penyimpanan 6 minggu, yang memberikan daya berkecambah tertinggi dan berbeda nyata terhadap perlakuan invigorasi lainnya. Penambahan NAA dan GA₃ dilakukan guna untuk pemicu

perkecambahan, sehingga dapat meningkatkan daya berkecambah benih hingga penyimpanan 6 minggu. Hal ini juga dijelaskan oleh Rokhim dan Adelina (2021) yang menunjukkan bahwa salah satu faktor yang berpengaruh dalam perkecambahan dan pertumbuhan adalah hormon, seperti auksin dan gibberelin. Dengan penambahan zat pengatur tumbuh melalui perendaman benih yang optimal, dapat menstimulasi benih untuk berkecambah. Perendaman benih atau imbibisi akan membuat benih menjadi lunak sehingga memberikan ruang bagi plumula dan radikula untuk mempercepat perkecambahan sehingga dapat digunakan sebagai bahan tanam. Supardy et al. (2016) juga berpendapat bahwa salah satu teknik invigorasi yaitu perendaman benih yang digunakan untuk mengatasi penurunan mutu benih selama penyimpanan dengan mengaktifkan kembali metabolisme sehingga benih siap tahap berkecambah. Hasil serupa juga dijelaskan oleh Miftakhurrohmat & Widiyanti (2016) dalam penelitiannya yang menunjukkan bahwa dengan adanya perlakuan invigorasi GA₃ menghasilkan daya kecambah yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa penambahan GA₃.

E. Jumlah daun

Hasil sidik ragam menunjukkan terdapat interaksi antara kedua faktor yang memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap jumlah daun. Interaksi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Daun

Jenis invigorasi	Jumlah Daun (Helai)		
	P1 (4 Minggu)	P2 (6 Minggu)	P3 (8 Minggu)
J1: Kontrol	0 Ba	0 Ca	0 Aa
J2: Cocopeat + PEG 6000	7.01 Aa	6.33 Aa	0 Ab
J3: Cocopeat + NAA+GA ₃	6.59 Aa	2.00 Bb	0 Ac
J4: Cocopeat + PEG 6000 + NAA+GA ₃	6.92 Aa	4.78 Aab	0 Ab

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%.

Pada Tabel 3 menunjukkan rata-rata jumlah daun tertinggi terdapat pada kombinasi perlakuan J2P1, sedangkan jumlah daun terendah terdapat pada perlakuan J1P1, J1P2, J1P3, J2P3, J3P3, dan J4P3. Semakin lama benih disimpan maka menurunkan kemampuan benih untuk berkembang. Perkembangan berlangsung lambat. Hal ini dapat dilihat dari hasil penyimpanan minggu keempat menghasilkan bibit yang lebih unggul dibandingkan bibit yang berasal dari benih penyimpanan minggu keenam. Miftakhurrohmat & Widiyanti (2016) juga menyatakan dalam penelitiannya bahwa semakin lama benih disimpan terjadi penurunan jumlah daun dan tinggi tanaman.

F. Tinggi bibit

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan macam jenis invigorasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap tinggi bibit. Interaksi perlakuan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tinggi tanaman pada perlakuan jenis invigorasi dan lama penyimpanan

Jenis Invigorasi	Tinggi Tanaman (cm)		
	P1 (4 Minggu)	P2 (6 Minggu)	P3 (8 Minggu)
J1: Kontrol	0 Ba	0 Ca	0 Aa
J2: Cocopeat + PEG 6000	28.74 Aa	13.12 Ab	0 Ac
J3: Cocopeat + NAA+GA ₃	25.24 Aa	3.85 Bb	0 Ac
J4: Cocopeat + PEG 6000 + NAA+GA ₃	31.20 Aa	11.11 Ab	0 Ac

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%.

Tinggi tanaman tertinggi terdapat kombinasi perlakuan J4P1 yaitu 31.20 cm, sedangkan tinggi tanaman terendah terdapat J1P1, J1P2, J1P3, J2P3, J3P3, dan J4P3 yaitu 0 cm karena tidak ada tanaman yang tumbuh. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penggunaan PEG 6000 dapat mempertahankan

kemampuan tumbuh benih, sehingga cadangan makanan dalam benih tetap tersedia untuk pertumbuhannya. Selain itu dengan adanya penambahan hormon NAA dan Ga_3 akan menambah ketersediaan auksin dan giberelin dalam benih. Miftakhurrohmat & Widiyanti (2016) menjelaskan bahwa dengan tinggi ketersediaan giberelin akan mempercepat hidrolisis amylase sehingga produksi gula sederhana semakin besar meningkatkan cadangan makanan. Dengan tingginya cadangan makanan dalam benih akan merangsang pembelahan dan pemanjangan sel sehingga kualitas kecambah semakin baik.

G. Volume akar

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan macam jenis invigorasi dan lama penyimpanan memberikan pengaruh berbeda sangat nyata terhadap volume akar. Interaksi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Volume akar pada perlakuan macam jenis invigorasi dan lama penyimpanan

Jenis invigorasi	Volume Akar (ml)		
	P1 (4 Minggu)	P2 (6 Minggu)	P3 (8 Minggu)
J1: Kontrol	0 Ba	0 Ba	0 Aa
J2: Cocopeat + PEG 6000	1.53 Aa	0.93 Ab	0 Ac
J3: Cocopeat + NAA+GA ₃	1.47 Aa	0.27 Bb	0 Ab
J4: Cocopeat + PEG 6000 + NAA+GA ₃	1.80 Aa	0.87 Ab	0 Ac

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%, sedangkan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan DMRT 5%.

Pada Gambar 6 menunjukkan interaksi perlakuan invigorasi dan lama penyimpanan terhadap volume akar tertinggi yaitu pada kombinasi perlakuan J4P1 yaitu 1.80 ml dan terendah pada perlakuan J1P1, J1P2, J1P3, J2P3, J3P3, dan J4P3 yaitu 0 ml karena tidak ada tanaman yang tumbuh. Miftakhurrohmat dan Widiyanti (2016) menjelaskan selama masa penyimpanan, benih akan mengalami proses respirasi sehingga cadangan makanan dalam kotiledon dirombak dan terbentuklah asam lemak yang dapat menurunkan viabilitas. Namun dengan adanya perlakuan jenis invigorasi khususnya PEG 6000 dan NAA serta GA_3 dapat menekan perkembangan tanaman yang lambat, sehingga dapat tumbuh lebih cepat. Penggunaan PEG 6000 pada perlakuan J2 dan J4 menunjukkan hasil yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan J3.

Penggunaan PEG 6000 tidak menurunkan kemampuan benih untuk tumbuh dan berkembang. Dengan dilakukannya perendaman benih menggunakan NAA dan GA_3 dapat meningkatkan dan mempertahankan kualitas benih setelah mengalami kemunduran selama penyimpanan. Rokhim dan Adelina (2021), penambahan ZPT yang mengandung auksin dan giberelin akan mempengaruhi metabolisme sel dalam benih sehingga terjadilah suatu perkecambahan. Perkecambahan terjadi karena adanya perombakan dan sintesa komponen-komponen sel yang disebabkan penyerapan ZPT eksogen yaitu NAA dan GA_3 . Tidak hanya itu, dengan perendaman NAA dan GA_3 akan membuat benih lunak sehingga memudahkan munculnya radikula dan plumula. Penelitian (Ernita & Mairizki, 2019) juga menjelaskan bahwa dengan adanya perendaman benih dapat mempercepat perkecambahan sehingga mempercepat munculnya akar yang menyebabkan akar tumbuh lebih cepat

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap viabilitas benih dan pertumbuhan awal bibit kakao pada penggunaan invigorasi dengan cocopeat, PEG 6000, NAA dan GA_3 dengan lama penyimpanan 4 minggu. Penggunaan media simpan cocopeat, PEG 600 dan penambahan NAA serta GA_3 dapat digunakan sebagai metode alternatif dalam penyimpanan benih kakao. Untuk memperoleh pertumbuhan yang baik sebaiknya penyimpanan benih dilakukan paling lama selama 4 minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Asra, R., Samarlina, R. A., & Silalahi, M. (2020). Hormon Tumbuhan. Uki Press.
- Ernita, E., & Mairizki, F. (2019). Penggunaan Polietilen Glikol Sebagai Teknik Invigorasi Untuk Memperbaiki Viabilitas, Vigor, Dan Produksi Benih Kedelai. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 16(1), 8–18. <https://doi.org/10.31849/jip.v16i1.2140>
- Husni, M., Charloq, & Siagian, B. (2014). Uji Pemberian PEG 6000 Terhadap Morfologi Benih Karet (*Hevea brassiliensis*, Muell-Arg.) Tanpa Cangkang Setelah Penyimpanan. *Jurnal Online Agroekoteknologi* ., 2(2), 440–446.
- Manurung, T. S. W. (2019). *Pengaruh Berbagai Media Penyimpanan dan Lama Perendaman pada Ekstrak Bawang Merah (Allium ascalonicum L.) Terhadap Perkecambahan Benih Kakao (Theobroma cacao L.)*. <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/15876>
- Miftakhurrohmat, A., & Widiyanti, T. (2016). Pengaruh Lama Penyimpanan dan Perlakuan Invigorasi terhadap Viabilitas Benih Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Nabatia: Journal of Agricultural Science*, 13(2), 109–117. <https://doi.org/10.21070/nabatia.v13i2.304>
- Nahampun, V. ., Kusmiyati, F., & Kristanto, B. . (2018). Pengaruh pelapisan benih dengan Polyethylene glycol (PEG) dan lama penyimpanan terhadap viabilitas benih tomat ceri (*Solanum lycopersicum* var. cerasiforme). *Agro Complex*, 2(3), 235–243. <https://doi.org/https://doi.org/10.14710/joac.2.3.235-243>
<http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/joac>
- Nengsih, Y. (2014). Penggunaan Osmotikum Dalam Menunda Kerusakan Benih Kakao (*Theobroma cacao . L.*). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 14(3), 101–106.
- Panggabean, S. E. (2018). *Pengaruh media simpan dan lama penyimpanan terhadap vigor dan viabilitas benih kakao (Theobroma cacao L.)*. Universitas Sumatera Utara, Medan, Sumatera Utara, Indonesia.
- Prihastanti, E. (2012). Perkecambahan Biji dan Pertumbuhan Semai Kakao (*Theobroma cacao L.*) Asal Sulawesi Tengah yang Dibudidayakan di Kabupaten Banyumas Jawa Tengah. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, XIX(1), 8–15.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2010). *Buku Pintar Budidaya Kakao*. PT. Sunda Kelapa Pustaka.
- Rachma, T. N. S., Damanhuri, & Saptadi, D. (2016). Viabilitas dan vigor benih kakao (*Theobroma cacao L.*) pada beberapa jenis media invigorasi. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*, 1(2), 72–80.
- Rahayu, A., Hardiyati, T., & Hidayat, P. (2014). Pengaruh Polyethylene Glicol 6000 dan Lama Penyimpanan Terhadap Mutu Benih Kakao (*Theobroma cacao L.*). *Jurnal Penelitian Kopi Dan Kakao*, 30(1), 15–24.
- Rokhim, M. N., & Adelina, E. (2021). Pengaruh Lama Perendaman Ekstrak Tauge Dan Zat Pengatur Tumbuh Sintetik Terhadap Viabilitas Benih Kakao (*Theobroma cacao L.*) Yang Telah Mengalami Deteriorasi. *Jurnal Agrotekbis*, 9(3), 741–751.
- Sobari, L., Sumadi, Rosniawaty, S., & Wardiana, E. (2020). Perubahan Biokimia Dan Indikator Vigor Benih Kakao Pada Lima Taraf Lamanya Penyimpanan. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 7(3), 163–178.
- Sudrajat, D. J., Yuniarti, N., Nurhasybi, Dida, S., Danu, Pramono, A. A., & Putri, K. P. (2017). *Karakteristik dan Prinsip Penanganan Benih Tanaman Hutan Berwatak Intermediet dan Rekalsitran*. IPB Press.
- Supardy, Adelina, E., & Made, U. (2016). Pengaruh lama perendaman dan konsentrasi Giberelin (GA 3) terhadap viabilitas benih kakao (*Theobroma cacao L.*). *Jurnal Agrotekbis*, 2(3), 425–431.
- Widajati, E., Murniati, E., Palupi, E. R., Kartika, T., Suhartanto, M. R., & Qadir, A. (2013). *Dasar ilmu dan teknologi benih*. IPB Press.
- Yudono, P. (2018). *Ilmu dan Teknologi Benih Rekalsitran*. Gadjah Mada University Press.