

PENGARUH JENIS EKSTRAK DAN BEBERAPA VARIASI KONSENTRASI ZAT ALELOPATI ALAMI DALAM MENGHAMBAT PERKECAMBAHAN BENIH DAN PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

Effect of Extract Type and Various Concentrations of Natural Allelopathic Substances on Inhibiting Seed Germination and Growth of Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.)

Fajar Kurnia Maulid Widiono^{1*}, Dwi Erwin Kusbianto¹, Ayu Puspita Arum¹, Setiyono¹

¹Program Studi Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jember

*Email: fajarkurniamaulidwidiono@gmail.com

Abstract

Cocoa is a strategic plantation commodity that contributes significantly to export-import activities, increasing the country's foreign exchange. However, the distribution of cocoa seeds is faced with the problem of recalcitrant seeds, which can be overcome by using natural allelopathic substances. Natural allelopathic plant extracts contain toxic compounds such as alkaloids, phenolics, and terpenoids which are effective in inhibiting germination. The purpose of this study was to determine the effect of the type of extract and the concentration of natural allelopathic substances in inhibiting the process of seed germination and growth of cocoa seedlings. This study used a factorial Completely Randomized Design (CRD). The first factor was the type of extract, namely cogongrass roots and tomato leaves. The second factor was the concentration of natural allelopathic substances, namely control, 4%, 6%, and 8%. Data were analyzed using the ANOVA (Analysis of Variance) test. If there was a significant difference between treatments, further testing was carried out using Duncan's multiple range test at the 5% level. The results of the study showed (1) the interaction between the type of extract and the concentration of natural allelopathic substances had a significant effect on the observed variables of germination power, vigor index, lethal concentration (LC₅₀), plant growth rate, and number of leaves, with the best treatment being the cogongrass root extract at a concentration of 4%. (2) The effect of the type of natural allelopathic extract had a significant effect on the parameters of vigor index, plant growth rate, number of leaves, and stem diameter. (3) The effect of the concentration of natural allelopathic substances had no significant effect on any of the observed variables.

Keywords: *Cocoa; Cogongrass Roots; Growth Inhibitors; Natural Allelopathy; Tomato Leaves*

Abstrak

Kakao merupakan komoditas perkebunan strategis yang berkontribusi signifikan pada kegiatan ekspor-impor sehingga meningkatkan devisa negara. Namun, pendistribusian benih kakao dihadapkan pada permasalahan benih rekalsitran, yang dapat diatasi dengan penggunaan zat alelopati alami. Ekstrak tanaman alelopati mengandung senyawa toksik seperti alkaloid, fenolik, dan terpenoid yang efektif menghambat perkecambahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis ekstrak dan konsentrasi zat alelopati alami dalam menghambat proses perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit kakao. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama adalah jenis ekstrak yaitu akar alang-alang dan daun tomat. Faktor kedua adalah konsentrasi zat alelopati alami, yaitu kontrol, 4%, 6%, dan 8%. Data dianalisis menggunakan uji ANOVA (*Analysis of Variance*). Apabila terdapat perbedaan yang nyata di antara perlakuan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan (1) interaksi antara jenis ekstrak dan konsentrasi zat alelopati alami berpengaruh nyata terhadap variabel daya berkecambah, indeks vigor, *lethal concentration* (LC₅₀), laju pertumbuhan tanaman, dan jumlah daun dengan perlakuan terbaik berupa ekstrak akar alang-alang dengan konsentrasi 4%. (2) Jenis ekstrak alelopati alami berpengaruh nyata terhadap indeks vigor, laju pertumbuhan tanaman, jumlah helai daun, dan diameter batang. (3) Konsentrasi zat alelopati alami tidak berpengaruh nyata pada semua variabel pengamatan.

Kata Kunci: *Akar Alang-Alang; Alelopati Alami; Daun Tomat; Kakao; Zat Penghambat Pertumbuhan*

PENDAHULUAN

Tanaman kakao menjadi salah satu tanaman perkebunan yang berkontribusi pada kegiatan ekspor-impor untuk meningkatkan devisa negara. Rohmah *et al.* (2022) menyatakan bahwa rata-rata pertumbuhan produksi kakao meningkat pesat per tahunnya selama periode 1980-2016 dengan produksi tertinggi terjadi pada tahun 2011 yang mencapai 54,59% atau sebesar US\$ 175,55 juta. Sejalan dengan hal tersebut, Ariningsih *et al.* (2021) menyatakan bahwa benih kakao menjadi bahan baku utama dalam proses pemenuhan perbanyak tanaman secara generatif.

Perbanyak tanaman kakao secara generatif memiliki permasalahan pada saat proses pendistribusian dari kebun benih hingga ke kebun pembibitan. Hal ini disebabkan karena benih kakao tidak memiliki masa dormansi atau bisa disebut dengan benih rekalsitran yang menyebabkan benih cepat berkecambah (Sobari *et al.*, 2020). Permasalahan tersebut juga didukung oleh wadah penyimpanan benih dan kondisi internal dan eksternal yang optimum untuk mendukung proses imbibisi penuh pada benih saat proses pengiriman benih berlangsung. Hal ini memerlukan solusi efektif untuk menghambat perkecambahan dan memperlambat proses penuaan benih (Faisal *et al.*, 2022).

Pendistribusian benih kakao dapat ditingkatkan melalui pengembangan Zat Penghambat Pertumbuhan (ZPP) alami dari ekstrak tanaman. Bagian tanaman tersebut mengandung senyawa alelopati yang berpotensi sebagai penghambat perkecambahan. Tumanggor *et al.* (2023) menjelaskan bahwa senyawa alelopati mengandung alkaloid, fenolik, dan flavonoid yang efektif menghambat perkecambahan benih kakao. Penggunaan alelopati alami ini menjadi salah satu alternatif ramah lingkungan untuk mengatasi permasalahan benih rekalsitran.

Penelitian yang dilakukan oleh Yanti (2016) menunjukkan bahwa akar alang-alang mengandung senyawa fenolik sebesar 1-3% berdasarkan berat akar. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Kumalawati dan Thamrin (2018) menyatakan bahwa ekstrak daun tomat dengan konsentrasi 6% efektif menghambat daya berkecambah, indeks vigor, serta mempengaruhi tinggi tanaman dan jumlah daun.

Berdasarkan pertimbangan diatas selaras dengan tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui adanya interaksi jenis ekstrak dan konsentrasi alelopati alami dalam membantu menghambat proses perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit kakao.

METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di kebun pembibitan tanaman kopi dan kakao Kota Jember Kecamatan Ajung, Jawa Timur pada saat musim hujan dengan titik koordinat 8°15'54,108" S, 113°37'33,198" E, serta lokasi memiliki ketinggian 0-100 mdpl. Penelitian ini dilakukan pada bulan April-Juli 2024.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam percobaan ini adalah blender, polybag (ukuran 50x50 cm), bak, gelas ukur, botol, baskom, jangka sorong, meteran/penggaris, kertas label, kamera, dan alat tulis.

Bahan yang digunakan percobaan ini adalah benih kakao (varietas sulawesi 1), air, daun tomat, akar alang-alang, pasir, tanah, dan pupuk kandang yang digunakan sebagai media tanam.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor dengan 4 ulangan. Faktor pertama yaitu jenis ekstrak alelopati alami dan faktor kedua yaitu konsentrasi alelopati alami. Masing-masing benih yang diberi perlakuan direndam selama 60 menit (Kumalawati & Thamrin, 2018).

Adapun jenis ekstrak dan perbedaan variasi konsentrasi perlakuan yang digunakan sebagai berikut: Perlakuan 1 yaitu jenis alelopati alami dengan 2 taraf yaitu:

1. J1: akar alang-alang.
2. J2: daun tomat.

Perlakuan 2 yaitu konsentrasi alelopati alami dengan 4 taraf yaitu:

1. P₀: konsentrasi 0% (Kontrol)
2. P₁: konsentrasi 4%
3. P₂: konsentrasi 6%
4. P₃: konsentrasi 8%

Pelaksanaan Percobaan

Pelaksanaan percobaan penelitian ini meliputi pembuatan zat alelopati alami dari akar alang-alang dan daun tomat dengan takaran sesuai konsentrasi perlakuan yaitu 0%, 4%, 6%, dan 8%. Pembuatan ekstrak alelopati melewati beberapa tahap, proses pertama yaitu menimbang akar alang-alang dan daun tomat sesuai dengan berat yang dibutuhkan lalu dicampur dengan air menggunakan blender. Setelah bahan tercampur, langkah selanjutnya adalah memisahkan sari dengan ampas menggunakan saringan (Kumalawati & Thamrin, 2018). Persiapan benih kakao melewati proses seleksi dan dikupas dari pulp, lalu direndam pada zat alelopati alami dengan konsentrasi tertentu selama 60 menit (Driyunitha, 2013). Selanjutnya dilakukan persiapan media tanam yang digunakan untuk media semai dan media untuk pindah tanam. Pemeliharaan bibit kakao setelah pindah tanam yaitu dengan melakukan metode penyiraman pada pagi dan sore hari dan pencegahan serangan hama dan gulma.

Parameter Penelitian

1. Daya berkecambah (%): menghitung banyaknya benih yang berkecambah dari seluruh benih yang dikecambahkan dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{Daya kecambah} = \frac{\text{Jumlah benih yang berkecambah}}{\text{Jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

(Kumalawati & Thamrin, 2018).

2. Indeks vigor (%): perhitungan jumlah benih yang berkecambah normal yang tumbuh pada hari pertama sampai hari ke tujuh setelah semai dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{Indeks vigor} = \frac{\text{Biji yang berkecambah sampai hari} - n}{\text{Jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

(Kumalawati & Thamrin, 2018).

3. *Lethal concentration* (LC₅₀) (%) pengujian ekstrak alelopati untuk mengetahui titik konsentrasi yang dibutuhkan untuk menghambat 50% perkecambahan benih dari total benih yang dikecambahkan dalam kurun waktu 7 hari dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{LC}_{50} = \frac{\text{Jumlah benih yang belum berkecambah}}{\text{Jumlah benih yang dikecambahkan}} \times 100\%$$

(Hendarti et al., 2023).

4. Laju pertumbuhan tanaman (cm/minggu) yang diukur mulai dari pangkal batang sampai ujung pucuk tanaman dan diukur setiap 2 minggu sekali dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$\text{LPT} = \frac{W}{t}$$

Keterangan:

W : Pertumbuhan tinggi

t : Selang waktu

(Boni et al., 2021).

5. Diameter batang (mm) mengukur diameter batang tanaman yang memiliki diameter batang yang paling besar dengan menggunakan jangka sorong.

- Jumlah daun (helai/minggu) menghitung jumlah daun tanaman yang terbentuk sempurna yang diukur setiap 2 minggu sekali.

Analisis Percobaan

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Ragam ANOVA 2 arah. Apabila terdapat perbedaan yang nyata di antara perlakuan, maka dilakukan uji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis pada Semua Parameter

Tabel 1. Hasil Analisis pada Semua Parameter

No	Variabel Pengamatan	Nilai F-Hitung		
		Jenis Alelopati Alami	Konsentrasi Alelopati Alami	Interaksi Jenis dan Konsentrasi Alelopati Alami
1.	Daya Berkecambah	2,735 ns	0,226 ns	3,714 **
2.	Indeks Vigor	2,595 *	1,329 ns	2,571 *
3.	<i>Lethal Concentration</i> (LC ₅₀)	2,086 ns	0,141 ns	4,304 *
4.	Laju Pertumbuhan Tanaman	12,757 **	2,446 ns	3,440 *
5.	Diameter Batang	4,677 *	0,015 ns	0,721 ns
6.	Jumlah Daun (Helai)	7,859 *	0,322 ns	5,343 **

Keterangan: ** Berbeda Sangat Nyata, * Berbeda Nyata, ns Berbeda Tidak Nyata

Hasil analisis ragam pada Tabel 1 menunjukkan bahwa interaksi jenis ekstrak dan konsentrasi alelopati alami berpengaruh nyata pada variabel parameter pengamatan daya berkecambah, indeks vigor, *lethal concentration* (LC₅₀), laju pertumbuhan tanaman, dan jumlah daun. Hasil yang diperoleh pada uji lanjut menggunakan uji jarak berganda *Duncan* pada taraf 5% disajikan pada Tabel 1 hingga Tabel 5.

Daya Berkecambah (%)

Tabel 2. Pengaruh Interaksi Jenis Ekstrak dan Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Parameter Pengamatan Daya Berkecambah

Jenis Ekstrak	Konsentrasi			
	P0 (Kontrol)	P1 (4%)	P2 (6%)	P3 (8%)
J1 (Akar Alang-Alang)	6% (a) AB	4% (b) B	4% (b) B	6% (a) A
J2 (Daun Tomat)	5% (a) A	6% (a) A	7% (a) A	5% (a) A

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor P (konsentrasi) pada taraf J (jenis ekstrak) yang sama.
- Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor J (jenis ekstrak) pada taraf P (konsentrasi) yang sama.

Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada jenis ekstrak akar alang-alang dan konsentrasi 4% alelopati alami yang memiliki nilai persentase daya berkecambah sebesar 4%. Pada perlakuan ekstrak akar alang alang dengan konsentrasi P1 (4%) dan P2 (6%) menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan. Akan tetapi, pada estimasi penggunaan akar alang-alang pada P1 (4%) lebih sedikit dibandingkan dengan P2 (6%). Oleh karena itu, pada perlakuan ekstrak akar alang-alang direkomendasikan untuk menggunakan konsentrasi P1 (4%). Seniwaty *et al.* (2009) menjelaskan bahwa ekstrak akar alang-alang mengandung beberapa senyawa yang bersifat toksik seperti alkaloid, terpenoid, dan fenolik, sehingga dapat menghambat proses perkembangan benih kakao menjadi bibit. Lebih lanjut Ismaini (2015) menambahkan bahwa senyawa tersebut mampu menghambat proses imbibisi enzim, perubahan permeabilitas membran, kerusakan DNA atau struktur sel, penghambatan hormon pertumbuhan, dan gangguan ketersediaan air.

Ekstrak zat alelopati alami yang terkandung di dalam organ tanaman tidak mengakibatkan berkurangnya viabilitas benih kakao, namun dapat menunda waktu perkecambahan benih. Masuknya senyawa alelopati bersama air ke dalam benih melalui pori-pori akan menghambat induksi hormon pertumbuhan seperti asam giberelin (GA) dan asam indolasetat (IAA) (Kumalawati & Thamrin. 2018). Dengan dihambatnya sintesis giberelin, maka tidak akan terjadi pemacu enzim amilase, akibatnya proses hidrolisis pati menjadi glukosa di dalam endosperma dan kotiledon berkurang. Berkurangnya komponen makromolekul mengakibatkan terhambatnya sintesis protoplasma. Oleh karena itu, proses pembelahan dan pemanjangan sel terhambat yang berakibat pada menurunnya daya berkecambah benih dan pertumbuhan bibit (Senjaya & Surakusumah. 2008).

Indeks Vigor (%)

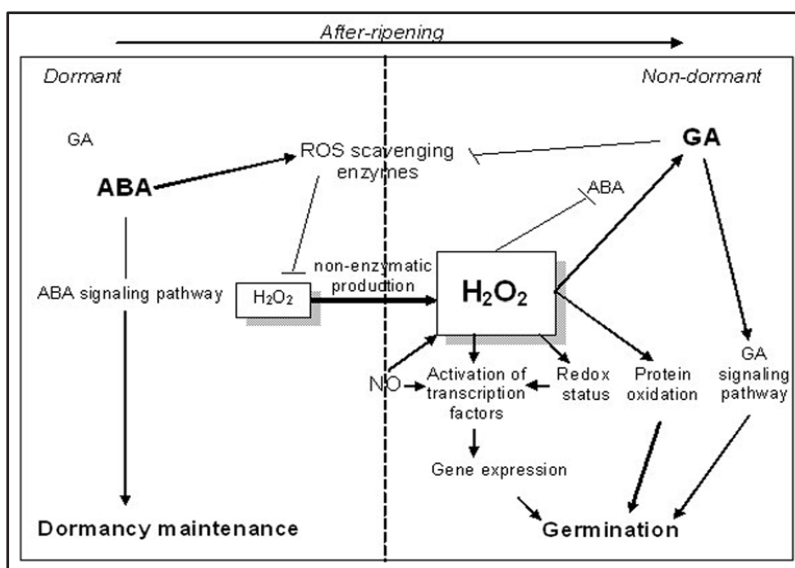
Tabel 3. Pengaruh Interaksi Jenis Ekstrak dan Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Parameter Pengamatan Indeks Vigor

Jenis Ekstrak	Konsentrasi			
	P0 (Kontrol)	P1 (4%)	P2 (6%)	P3 (8%)
J1 (Akar Alang-Alang)	34% (a) A	19% (b) B	16% (a) B	28% (a) AB
J2 (Daun Tomat)	32% (a) A	32% (a) A	34% (a) A	24% (a) A

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor P (konsentrasi) pada taraf J (jenis ekstrak) yang sama.
- Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor J (jenis ekstrak) pada taraf P (konsentrasi) yang sama.

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada jenis ekstrak akar alang-alang dan konsentrasi 4% alelopati alami yang memiliki nilai persentase indeks vigor sebesar 19%. Dari data yang didapat, penggunaan zat alelopati alami akar alang-alang P1 (4%) dan P2 (6%) menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Akan tetapi, dalam estimasi penggunaan ekstrak akar alang-alang untuk menghambat perkecambahan benih, dapat direkomendasikan untuk menggunakan ekstrak akar alang alang 4% karena penggunaan akar alang-alang yang lebih sedikit dibandingkan dengan ekstrak akar alang-alang 6%. El-Maarouf-Bouteau dan Bailly (2008) menjelaskan bahwa terpaparnya benih oleh senyawa toksik yang disebabkan oleh alelopati dapat menyebabkan stres oksidatif. Stres oksidatif ini mampu merusak benih dan mengurangi vigor benih. Benih dengan vigor yang rendah lebih rentan terhadap infeksi patogen yang dapat menyebabkan tertundanya perkecambahan benih hingga dapat menyebabkan kematian pada benih sebelum sempat berkecambah. Proses terjadinya stress oksidatif yang terjadi pada benih dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Proses Terjadinya Stres Oksidatif pada Benih (El-Maarouf-Bouteau & Bailly, 2008)

Benih yang terpapar oleh senyawa alelopati membutuhkan waktu yang lebih lama untuk berkecambah dibandingkan dengan benih yang tidak terpapar oleh senyawa alelopati. Ceunfin (2019) menjelaskan bahwa interaksi antara jenis zat dan konsentrasi alelopati alami secara signifikan dapat menurunkan proses fisiologis pada benih. Lebih lanjut, Kolo dan Tefa (2016) menyatakan bahwa faktor pendukung yang mampu menurunkan indeks vigor benih seperti kondisi benih itu sendiri, serta kondisi lingkungannya. Pengaruh yang signifikan jenis ekstrak dan konsentrasi alelopati alami akan terlihat pada persentase kecepatan perkecambahan benih serta pertumbuhan awal.

Lethal Concentration (%)

Tabel 4. Pengaruh Interaksi Jenis Ekstrak dan Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Parameter Pengamatan *Lethal Concentration* (LC₅₀)

Jenis Ekstrak	Konsentrasi			
	P0 (Kontrol)	P1 (4%)	P2 (6%)	P3 (8%)
J1 (Akar Alang-Alang)	12% (a) B	16% (a) A	16% (a) A	13% (a) AB
J2 (Daun Tomat)	12% (a) A	14% (a) A	11% (b) A	14% (a) A

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor P (konsentrasi) pada taraf J (jenis ekstrak) yang sama.
- Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor J (jenis ekstrak) pada taraf P (konsentrasi) yang sama.

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada jenis ekstrak akar alang-alang dan konsentrasi 4% alelopati alami yang memiliki nilai persentase *lethal concentration* (LC₅₀) atau konsentrasi letal sebesar 16%. Dari data yang didapat, penggunaan zat alelopati alami sebagai zat penghambat pertumbuhan konsentrasi P1 (4%) dan P2 (6%) menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Akan tetapi, dalam penggunaan konsentrasi 4% yang lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi 6% mampu memberikan efek yang sama. Maka dari itu, rekomendasi konsentrasi yang digunakan adalah P1 (4%). Senyawa alelopati yang terkandung dalam ekstrak akar alang-alang dapat mengganggu proses metabolisme perkecambahan hingga menyebabkan kematian pada benih kakao. Menurut Kurniati *et al.* (2018), senyawa alelokemis atau senyawa racun mampu menyebabkan gangguan keseimbangan hormon pada benih. Ditambahkan oleh Fatonah (2012) bahwa konsentrasi alelopati alami yang cukup tinggi dapat menghambat proses perkecambahan secara langsung. Hal ini terjadi karena senyawa tersebut dapat merusak struktur seluler benih, mengganggu aktivitas enzim yang esensial untuk perkecambahan dan menghalangi penyerapan air yang diperlukan benih untuk memulai proses perkecambahan. Kerusakan pada embrio akan mengakibatkan kegagalan dalam proses perkecambahan benih untuk berkembang menjadi bibit atau benih tidak dapat berkembang menjadi bibit.

Senyawa letal (mematikan) pada konsentrasi tinggi dapat mengganggu keseimbangan hormon dalam benih (Kurniati *et al.*, 2018). Hormon seperti giberelin dan sitokinin berperan penting dalam perkecambahan, dan gangguan pada produksi atau aktivitas hormon-hormon ini dapat mengakibatkan kegagalan perkecambahan. Kemampuan alelopati untuk menghambat perkecambahan benih dapat terjadi apabila terdapat kecocokan pada jenis ekstrak dan konsentrasi yang sesuai menyebabkan kerusakan pada struktur fisik benih dan jaringan internal (Zuyasna & Arwin, 2016).

Laju Pertumbuhan Tanaman (cm/Minggu)

Tabel 5. Pengaruh Interaksi Jenis Ekstrak dan Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Parameter Pengamatan Laju Pertumbuhan Tanaman

Jenis Ekstrak	Konsentrasi			
	P0 (Kontrol)	P1 (4%)	P2 (6%)	P3 (8%)
J1 (Akar Alang-Alang)	8.3 (b) B	7.9 (b) B	10.89 (a) A	9.4 (b) AB
J2 (Daun Tomat)	10.4 (a) AB	10.8 (a) AB	9.9 (a) B	12.6 (a) A

Keterangan:

- Angka yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor P (konsentrasi) pada taraf J (jenis ekstrak) yang sama.

- Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor J (jenis ekstrak) pada taraf P (konsentrasi) yang sama.

Tabel 5 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada jenis ekstrak akar alang-alang dan konsentrasi 4% alelopati alami yang memiliki nilai rata-rata laju pertumbuhan tanaman sebesar 7,9 cm. Dari data yang didapat, penggunaan zat alelopati alami sebagai zat penghambat pertumbuhan berhasil. Menurut Susilo *et al.* (2024), tanaman yang terkena oleh senyawa alelopati akan mengalami pertumbuhan yang terhambat, termasuk laju pertumbuhan tinggi tanaman yang lebih rendah. Terhambatnya pembelahan sel dan pemanjangan sel mengakibatkan laju pertumbuhan tanaman tidak normal. Indarwati *et al.* (2023) menambahkan bahwa hal ini terjadi karena senyawa alelopati alami dari ekstrak akar alang-alang yang mengandung beberapa senyawa kimia termasuk senyawa fenol yang mampu untuk menghambat sintesis asam ketoglutarat dan aktivitas hormon sitokinin.

Laju pertumbuhan tanaman diakibatkan oleh hormon giberelin, sedangkan dengan adanya senyawa alelopati yang berasal dari ekstrak akar alang-alang mampu mengganggu aktivitas dari hormon giberelin itu sendiri. Firmansyah *et al.* (2018) menyatakan bahwa pengaruh yang diberikan oleh senyawa alelopati itu sendiri terjadi pada saat pembelahan sel meristem interkalar yang terganggu dan pertumbuhan tanaman kakao menjadi lebih pendek.

Jumlah Daun (Helai)

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Jenis Ekstrak dan Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Parameter Pengamatan Jumlah Helai Daun

Jenis Ekstrak	Konsentrasi			
	P0 (Kontrol)	P1 (4%)	P2 (6%)	P3 (8%)
J1 (Akar Alang-Alang)	14 (a) AB	13 (b) B	11 (b) B	15 (a) A
J2 (Daun Tomat)	15 (a) AB	17 (a) A	17 (a) A	14 (a) B

Keterangan:

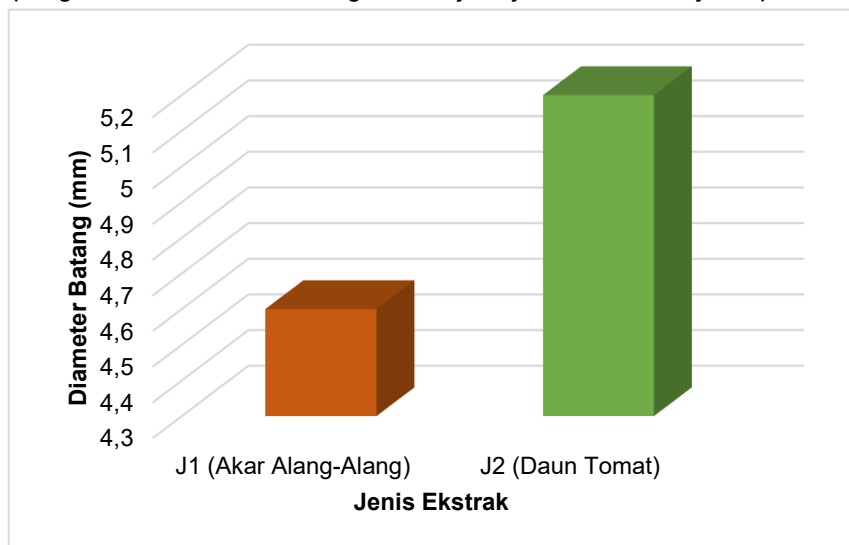
- Angka yang diikuti huruf besar (horizontal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor P (konsentrasi) pada taraf J (jenis ekstrak) yang sama.
- Angka yang diikuti huruf kecil (vertikal) yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pengaruh sederhana faktor J (jenis ekstrak) pada taraf P (konsentrasi) yang sama.

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan terbaik terdapat pada jenis ekstrak akar alang-alang dan konsentrasi 4% alelopati alami yang memiliki nilai rata-rata jumlah helai daun sebesar 13 helai. Dari data yang didapat, penggunaan zat alelopati alami sebagai zat penghambat pertumbuhan konsentrasi P1 (4%) dan P2 (6%) menunjukkan hasil yang tidak signifikan. Akan tetapi, dalam penggunaan konsentrasi 4% yang lebih sedikit dibandingkan dengan konsentrasi 6% mampu memberikan efek yang sama. Maka dari itu, rekomendasi konsentrasi yang digunakan adalah P1 (4%). Driyuniha (2013) menyatakan bahwa jenis ekstrak dan konsentrasi alelopati alami yang tepat dapat menghambat penjumlahan helai daun. Sejalan dengan itu, Kumalawati dan Thamrin (2018) menyatakan penambahan jumlah helai daun disebabkan oleh kecocokan antara jenis ekstrak dengan konsentrasi alelopati alami yang diberikan.

Senyawa aktif alelopati menyebabkan keracunan seluler, pengurangan elastisitas sel, penghambatan transport ion dan gangguan mitosis yang mampu menghambat proliferasi sel, sehingga perbanyakan sel tanaman maupun pertumbuhan tanaman sedikit terhambat atau terhenti (Novitasari *et al.*, 2024). Pemanjangan batang berkaitan dengan pembentukan daun, jika pemanjangan batang terganggu, maka proses pembentukan daun akan terganggu karena perluasan helaian daun utama disebabkan oleh kegiatan meristem interkalar. Oleh karena itu, dalam proses ini diperlukan aktivitas hormon giberelin karena hormon tersebut berperan dalam pemanjangan sel pada semua tumbuhan (Putri & Saripah, 2023).

Diameter Batang

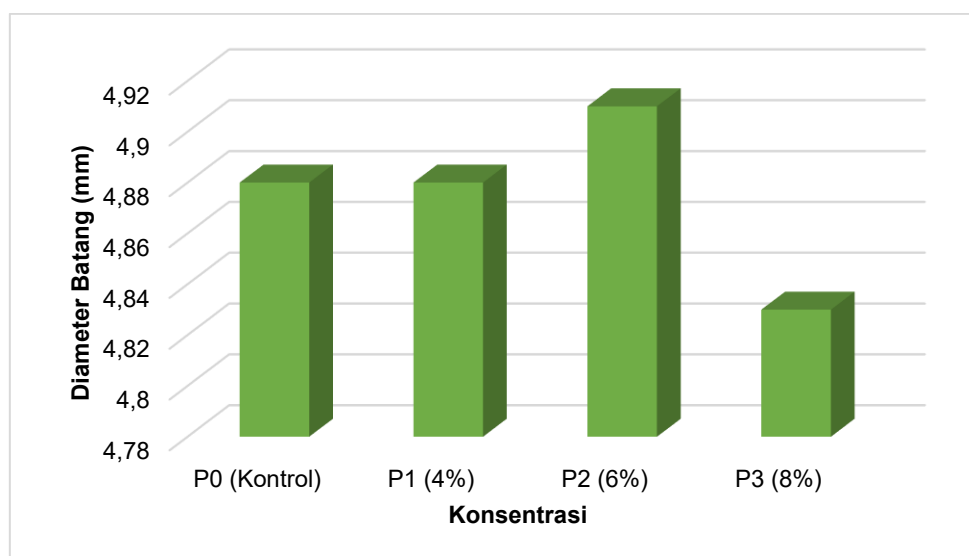
1. Hasil analisis ragam dari faktor (J) jenis ekstrak alelopati menunjukkan berbeda nyata terhadap parameter pengamatan diameter batang. Hasil uji lanjut Duncan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Faktor (J) Jenis Ekstrak Alelopati Alami terhadap Diameter Bibit Kakao

Gambar 2 menunjukkan bahwa pengaruh dari faktor (J) jenis ekstrak alelopati alami terhadap perlakuan jenis ekstrak alelopati alami akar alang alang (J1) menunjukkan adanya perbedaan yang nyata dengan menghasilkan diameter batang terkecil sebesar 4,6 mm, sedangkan pada pada jenis ekstrak alelopati alami daun tomat sebesar 5,2 mm. Sehingga dapat diketahui bahwa penggunaan jenis ekstrak alelopati alami akar alang-alang lebih efektif untuk menghambat perkecambahan. Bibit yang tumbuh melalui benih yang diberi perlakuan ekstrak akar alang-alang memiliki luas diameter terkecil dibandingkan dengan bibit yang tumbuh dari benih yang diberi perlakuan ekstrak daun tomat. Hal ini selaras dengan Susilo *et al.* (2024) yang menyatakan bahwa senyawa fenol yang dihasilkan dari akar alang-alang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan daun tomat. Menurut Yanti (2016), ekstrak akar alang-alang mengandung senyawa fenolik yang terkandung didalam akarnya sebesar 1% hingga 3% tergantung dari berat akar alang-alang tersebut.

2. Hasil sidik ragam (F-hitung) pada Tabel 1. bahwa pengaruh faktor (P) menunjukkan hasil berbeda tidak nyata terhadap semua variabel pengamatan. Nilai rata-rata diameter batang antara perlakuan konsentrasi alelopati alami P0 (kontrol), P1 (4% alelopati alami), P2 (6% alelopati alami), dan P3 (8% alelopati alami). Adapun hasil rata-rata pengaruh faktor (P) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Faktor (P) Konsentrasi Alelopati Alami terhadap Diameter Bibit Kakao

Gambar 3 menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi alelopati alami P3 (8%) memberikan rata-rata diameter batang terkecil sebesar 4,83 mm, perlakuan P0 (kontrol) dan P1 (4%) memberikan rata-rata diameter batang yang sama sebesar 4,88 mm, serta perlakuan P2 (6%) memberikan rata-rata diameter batang sebesar 4,91 mm. Kurniati *et al.* (2018) menjelaskan bahwa kecocokan antara konsentrasi dan jenis ekstrak alelopati alami perlu diperhatikan untuk menemukan kecocokan agar mendukung keberhasilan dalam menghambat perkecambahan benih. Dugaan lain seperti faktor internal dan eksternal juga dapat menyebabkan aplikasi konsentrasi berpengaruh tidak nyata terhadap semua variabel pengamatan. Faisal *et al.* (2022) menambahkan bahwa benih yang ditanam dalam kondisi internal dan eksternal yang mendukung akan meningkatkan kemampuan perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit. Faktor internal dipengaruhi oleh genetik benih, tingkat kematangan benih, viabilitas benih dan susunan kimia dari kulit benih itu sendiri. Selain itu, terdapat faktor eksternal yang terdiri dari media tanam, suhu, kelembaban udara, iklim, dan intensitas cahaya.

KESIMPULAN

Interaksi antara pemberian jenis ekstrak zat alelopati alami dan konsentrasi berpengaruh nyata pada variabel daya berkecambah, indeks vigor, *lethal concentration* (LC₅₀), laju pertumbuhan tanaman, dan jumlah daun, serta berpengaruh tidak nyata pada variabel diameter batang. Rekomendasi konsentrasi yang baik untuk digunakan dalam proses menghambat perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit kakao adalah kombinasi ekstrak akar alang-alang dengan konsentrasi 4% (J1P1). Hal ini dikarenakan estimasi penggunaan ekstrak akar alang-alang lebih sedikit dan efisien untuk menghambat perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit kakao. Pengaruh utama jenis ekstrak zat alelopati alami akar alang-alang menunjukkan hasil dibandingkan dengan jenis ekstrak zat alelopati alami daun tomat terhadap variabel pengamatan yang diamati. Pengaruh utama konsentrasi alelopati alami terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit berpengaruh tidak nyata pada semua variabel pengamatan yang diamati.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan rasa terima kasih yang mendalam kepada seluruh dosen Universitas Jember dan pihak-pihak terkait yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kontribusi dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariningsih, E., Purba, H. J., Sinuraya, J. F., Septanti, K. S., & Suharyono, S. (2021). Permasalahan dan strategi peningkatan produksi dan mutu kakao Indonesia. *Analisis Kebijakan Pertanian*, 19(1), 89–108. <https://doi.org/10.21082/akp.v19n1.2021.89-108>
- Boni, P., Ramadhan, T. H., & Abdurrahman, T. (2020). Pengaruh pemberian kapur dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah podsolik merah kuning. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*, 5(2), 66–73. <https://doi.org/10.32503/hijau.v5i2.1144>
- Ceunfin, S. (2019). Pengaruh bagian organ dan persentase ekstrak tanaman kayu putih (*Melaleuca leucadendra* L.) terhadap perkecambahan benih jagung (*Zea mays*) dengan metode bioassay. *Savana Cendana*, 4(02), 28–30. <https://doi.org/10.32938/sc.v4i02.275>
- Driyunita. (2013). Penghambatan perkecambahan benih kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai variasi konsentrasi zat alelopati ekstrak daun tomat. *AgroSainT*, 4(3), 626–626.
- El-Maarouf-Bouteau, H., & Bailly, C. (2008). Oxidative signaling in seed germination and dormancy. *Plant Signaling and Behavior*, 3(3), 175–182. <https://doi.org/10.4161/psb.3.3.5539>
- Faisal, F., Ismadi, I., & Rafli, M. (2022). Upaya peningkatan performa perkecambahan benih dalam pengujian di laboratorium melalui perancangan alat pengecambah benih yang ideal. *Jurnal Agrium*, 19(1), 9. <https://doi.org/10.29103/agrium.v19i1.6762>
- Fatonah, S. (2012). Pengaruh alelopati (*Calopogonium mucunoides* Desv.) terhadap perkecambahan dan pertumbuhan anakan gulma (*Asystasia fagangetica* L.) T. Anderson. *Biospecies*, 5(2), 5–11. <https://doi.org/10.22437/biospecies.v5i2.640>
- Firmansyah, G. W., Djunaedy, A., & Badami, K. (2018). Ekstrak daun alang-alang (*Imperata cylindrica* L.) terhadap viabilitas dan pertumbuhan awal jagung varietas Madura 1 dan Madura 3. *Agrovigor: Jurnal Agroekoteknologi*, 11(1), 47–51. <https://doi.org/10.21107/agrovigor.v11i1.4303>

- Hendarti, I., Paster, A., & Malik, A. F. (2023). Patogenesitas nematoda patogen serangga (*Steinernema carpocapsae*) asal tanah gambut terhadap rayap tanah (*Coptotermes curvignathus*). *Jurnal Pertanian Agros*, 25(4), 3612–3618.
- Indarwati, I., Jili, A. Q. A., Susilo, A., & Suryaningsih, D. R. (2023). Potensi alelopati ekstrak gulma alang-alang sebagai bioherbisida: Allelopathic potential of reeds weed extract as a bioherbicide. *Journal of Applied Plant Technology*, 2(1), 30–41.
- Ismaini, L. (2015). Pengaruh alelopati tumbuhan invasif (*Clidemia hirta*) terhadap germinasi biji tumbuhan asli (*Impatiens platypetala*). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(4), 834–837. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m010429>
- Kolo, E., & Tefa, A. (2016). Pengaruh kondisi simpan terhadap viabilitas dan vigor benih tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill). *Savana Cendana*, 1(03), 112–115. <https://doi.org/10.32938/sc.v1i03.57>
- Kumalawati, Z., & Thamrin, S. (2018). Uji penghambatan perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) pada perendaman alelopati ekstrak berbagai organ tanaman tomat (*Solanum lycopersium* L.). *Agroplantae: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*, 7(1), 14–22.
- Kurniati, T., Sudrajat, & Daniel. (2018). Uji toksisitas dan sifat alelopati ekstrak alang-alang (*Imperata cylindrica*) terhadap perkecambahan biji padi (*Oryza sativa*). *Jurnal Atomik*, 3(1), 54–60.
- Novitasari, P., Jatsiyah, V., Hermanto, S. R., & Kurniawan, T. (2024). Aplikasi bioherbisida ekstrak serasah daun bambu (*Dendrocalamus sasper*) untuk menghambat pertumbuhan gulma sembung rambat (*Mikania micrantha*). *Journal of Agro Plantation (JAP)*, 3(1), 232–245.
- Putri, R., & Saripah, U. (2023). Efektivitas herbisida nabati ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa* L.) terhadap gulma *Asystasia gangetica* L. *Dinamika Pertanian*, 38(2), 155–162. [https://doi.org/10.25299/dp.2022.vol38\(2\).11878](https://doi.org/10.25299/dp.2022.vol38(2).11878)
- Rohmah, Y., Anna, S., Rhendy, K. P. W., & Roby, D. (2022). *Outlook komoditas perkebunan kakao*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Seniwaty, Raihanah, Nugraheni, I. K., & Umaningrum, D. (2009). Skrining fitokimia dari alang-alang (*Imperata cylindrica* L. Beauv) dan lidah ular (*Hedyotis corymbosa* ramdhani L. Lamk). *Sains dan Terapan Kimia*, 3(2), 124–133.
- Senjaya, A. Y., & Surakusumah, W. (2017). Potensi ekstrak daun pinus (*Pinus merkusii* Jungh. et de Vriese) sebagai bioherbisida penghambat perkecambahan *Echinochloa colonum* L. dan *Amaranthus viridis*. *Jurnal Perennial*, 4(1), 1–5.
- Sobari, I., Sumadi, S., 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. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v7n3.2020.p163-178>
- Susilo, B. S. M., Indarwati, I., & Susilo, A. (2024). Allelopathy test of reeds (*Imperata cylindrica*) on germination and early growth of green beans (*Vigna radiata* L). *Journal of Applied Plant Technology*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.30742/skh42566>
- Tumanggor, A. S., Rizki, M., Thahira, N., & Ramadhani, F. (2023). Inventory of potentially allelopathic plants in Laut Dendang Village and their effects on mustard greens (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 479–485.
- Yanti, M. I. (2016). Pengaruh zat alelopati dari alang-alang terhadap pertumbuhan semai tiga spesies akasia. *Jurnal Sylva Lestari*, 4(2), 27. <https://doi.org/10.23960/jsl2427-38>
- Zuyasna, E. C., & Arwin, A. (2016). Efektivitas polietilen glikol sebagai bahan penyeleksi kedelai kipas merah bireun yang diradiasi sinar gamma untuk toleransi terhadap cekaman kekeringan. *Jurnal Floratek*, 11(1), 66–74.