

**Uji Aktivitas Alelopati dan Fitotoksisitas Ekstrak Daun Tabat Barito
(*Ficus Deltoidea* Jack.) terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan
Gulma Pletekan (*Ruellia Tuberosa* L.)**

Dwi Susanto¹, Hetty Manurung^{2*}, Ratna Kusuma³, Samsurianto⁴

^{1,2}Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan Tumbuhan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

^{3,4}Laboratorium Kultur Jaringan, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*Corresponding author: hetty_manroe@ymail.com

Article History

Received : 16 Oktober 2024

Approved : 16 Desember 2024

Published : 17 Desember 2024

Keywords

Allelopathy, phytotoxicity,
bioherbicide, phytochemical,
Ficus deltoidea

ABSTRACT

Tabat Barito (Ficus deltoidea Jack.) plant has secondary metabolite compounds and several bioactivities. This study was conducted to test the allelopathic activity and phytotoxicity of methanol extract of Tabat Barito leaves against Pletekan weed (Ruellia tuberosa L.) The study used a completely randomized design (CRD) in two experimental stages, namely the seed germination stage and the plant growth stage, using the concentration of methanol extract of Tabat Barito leaves: 0%, 25%, 50%, and 75%. The results showed that the methanol extract of F. deltoidea leaves was able to inhibit the germination process of R. tuberosa weed seeds. The highest allelopathic power and phytotoxicity were produced at a concentration of 75%, which is significantly different from the other treatments. At the growth stage, the methanol extract of F. deltoidea reduced biomass (wet weight 76%; dry weight 67%), chlorophyll a 50%, chlorophyll b 50%, and total chlorophyll by 71%. The higher the F. deltoidea leaf methanol extract concentration, the higher the allelopathic power and phytotoxicity against weed growth. The study showed that the methanol extract of F. deltoidea leaves was able to inhibit weed germination and growth and had strong phytotoxicity power against Pletekan weed, so F. deltoidea leaf extract has the potential to be used as a source of allelopathy or natural herbicide ingredients (bio-herbicides) that are environmentally friendly substitutes for chemical herbicides against weed plants.

© 2024 Universitas Kristen Indonesia
Under the license CC BY-SA 4.0

PENDAHULUAN

Dewasa ini pengelolaan lingkungan dan produksi tanaman dalam bidang

pertanian diupayakan secara berkelanjutan. Terdapat beberapa tantangan seperti; perubahan iklim, polusi (pencemaran

lingkungan), berkurangnya sumber nutrisi dalam tanah, rusaknya sifat tanah serta tekanan lainnya dalam memenuhi upaya tersebut. Menyeimbangkan produktivitas tanaman dengan kelestarian lingkungan merupakan salah satu tantangan utama bagi pertanian di seluruh dunia.

Munculnya gulma yang kebal terhadap herbisida sintetis (kimia) menimbulkan kerugian ekonomi yang sangat besar, sehingga strategi pengendalian gulma yang tidak konvensional, terutama yang didasarkan pada prinsip-prinsip ekologi, sangat dibutuhkan dalam pertanian saat ini (Kostina-Bednarz et al., 2023). Menggabungkan pendekatan ramah lingkungan alami - alelopati - sebagai alat dalam rencana pengendalian gulma terpadu dengan menanam tanaman tertentu atau menyemprot ladang dengan ekstrak yang mengandung senyawa alelopati dapat secara signifikan mengurangi penggunaan herbisida sintesis. Alelopati dianggap sebagai fenomena multidimensi yang terjadi secara alami, di mana satu organisme menghasilkan biokimia tertentu yang dapat memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, kemampuan hidup dan reproduksi organisme lain yang ada di sekitarnya.

Keanekaragaman hayati yang tinggi di Indonesia merupakan potensi yang sangat besar untuk dikembangkan sebagai bahan pangan, obat-obatan, kosmetik, dan bioaktivitas lainnya. Namun, potensi

kekayaan yang dimiliki oleh flora ini belum dimanfaatkan dan dikelola secara optimal. beberapa tumbuhan yang terapat di Indonesia khususnya wilayah Kalimantan, seperti jahe Balikpapan (*Etlingera balikpapanensis*), lai (*Durio kutejensis* Hassk. Becc), bawang dayak (*Eleutherine bulbosa*) dan Tabat Barito (*Ficus deltoidea*), telah terbukti mengandung fitokimia tertentu yang memiliki beberapa bioaktivitas (Manurung et al., 2019; Manurung et al., 2022) melaporkan adanya kandungan senyawa fitokimia alkaloid, flavonoid, fenolik, saponin, steroid dan kumarin yang terdapat pada batang, buah dan daun Tabat Barito terbukti memiliki aktivitas antioksidan, antidiabetes, anti luka, dan anti hipertensi).

Beberapa senyawa aktif tersebut menunjukkan aktivitas antioksidan, antibakteri, antimikroba, antijamur, dan herbisida. Selain itu, Pérez-Amador et al. (2010) melaporkan bahwa flavonoid dan saponinnya menghambat pertumbuhan tanaman lain. Alegore, 2015 menemukan bahwa flavonoid dan saponin dalam ekstrak daun ketapang (*Terminalia catappa*) menghambat pertumbuhan *Cyperus rotundus* L. Demikian juga, ekstrak daun *Leucaena leucocephala* Lam. yang mengandung flavonoid dan tanin menghambat pertumbuhan gulma seperti *Cyperus iria*, *Echinochloa crus-galli* dan *Amaranthus spinosus* (Adawiah, 2018).

Manurung et al. (2024) juga melaporkan senyawa fitokimia yang terdapat pada ekstrak daun *Durio kutejensis* mampu menghambat proses perkecambahan dan pertumbuhan gulma *Ruellia tuberosa* L. dan *Amaranthus spinosus* L. Ekstrak tersebut memiliki daya alelopati dan fitotoksisitas terhadap perkecambahan dan pertumbuhan kedua gulma tersebut.

Kebutuhan akan produksi pangan yang aman dan tren ramah lingkungan dalam pengelolaan gulma mendorong para ilmuwan untuk mengembangkan solusi inovatif. Ada kebutuhan yang meningkat akan herbisida baru dengan profil toksikologi dan lingkungan yang lebih aman. Senyawa alami menyediakan berbagai pilihan herbisida baru yang aman bagi lingkungan, yang disebut “bioherbisida”, yang didasarkan pada senyawa yang diproduksi oleh organisme hidup (Soltys et al., 2013). Bioherbisida secara luas didefinisikan sebagai produk yang berasal dari organisme hidup atau metabolit sekundernya untuk menekan populasi gulma target tanpa merusak lingkungan (Scavo & Mauromicale, 2021).

Dewasa ini pendekatan yang diusulkan penelitian tentang alelopati menjadi semakin meningkat dalam pengelolaan gulma untuk agroekosistem (Anh et al., 2021). Alelopati, melalui berbagai manfaatnya, dapat menjadi solusi yang menjanjikan untuk masalah pencemaran lingkungan dan evolusi

resistensi herbisida (Jabran et al., 2015). Alelopati, yang telah dikenal sejak zaman kuno, adalah fenomena alam di mana organisme yang berbeda mempengaruhi fungsi organisme lain di sekitarnya, baik secara negatif maupun positif dengan cara melepaskan metabolit sekunder (Bajwa, 2014). Sifat fitotoksik dari alelokimia, atau metabolit aktif secara biologis yang dikeluarkan oleh tanaman tingkat tinggi, jamur, atau mikroorganisme menyediakan sumber solusi praktis untuk pengendalian gulma.

Senyawa alelopati merupakan pengganti yang cocok untuk herbisida sintetis karena tidak memiliki efek residu atau toksik, namun sejauh ini hanya 3% dari sekitar 400.000 senyawa yang diketahui pada tanaman yang menunjukkan aktivitas alelopati yang telah diakui sebagai bioherbisida, meskipun lebih dari 2000 spesies tanaman (39 famili) memiliki efek alelopati yang kuat (Li, et al., 2019). Penyebaran tanaman penutup tanah alelopati, tumpang sari, penyertaan tanaman alelopati dalam rotasi tanaman, dan penggunaan residu tanaman tersebut sebagai mulsa merupakan hal yang penting dalam sistem pengendalian gulma yang ekologis, berkelanjutan, dan terintegrasi (Jabran et al., 2015). Tantangan yang paling signifikan terhadap perlindungan tanaman modern yang berkelanjutan adalah terbatasnya ketersediaan bioherbisida. Bagi para peneliti

saat ini, tanaman alelopati dapat menjadi sumber untuk mengidentifikasi dan mengisolasi zat alelopati baru. Setelah menguji bioaktivitasnya dalam kondisi laboratorium dan lapangan, senyawa yang menjanjikan dapat direkomendasikan untuk pengembangan herbisida alami baru untuk pertanian berkelanjutan (Motmainna et al., 2021). Meskipun memiliki banyak keuntungan, alelokimia memiliki beberapa keterbatasan untuk digunakan secara langsung sebagai bioherbisida. Sangatlah rumit untuk menjelaskan berbagai cara kerja dari setiap kelas alelokimia dan untuk menentukan bagaimana kondisi lingkungan mempengaruhi keberhasilannya. Masalah dalam penerapan komersialnya muncul dari aplikasi di ladang tanaman karena mudah terurai, dan proses registrasi yang rumit.

Alelopati berbeda dengan kompetisi, karena alelopati melibatkan penghilangan atau pengurangan beberapa faktor dari lingkungan yang dibutuhkan oleh tanaman lain yang berbagi habitat (Chaib et al., 2021). Kompetisi terkait dengan perolehan berbagai sumber daya: cahaya, air, makanan, mineral, penyerbuk, dan ruang perakaran. Dalam lingkungan dengan pasokan yang tidak mencukupi, cara sederhana untuk bertahan hidup adalah dengan menghambat pertumbuhan tanaman pesaing dan dengan demikian mengurangi konsumsi sumber daya yang terbatas oleh pesaing tersebut. Dalam praktiknya, tanaman misalnya, jika

kekurangan unsur mineral akan menderita efek fitotoksik dari senyawa alelopati dan stres akibat kekurangan unsur hara, sehingga pertumbuhannya akan terhambat (An et al., 2008). Tumbuhan Tabat Barito memiliki beberapa senyawa Fitokimia yang telah terbukti memiliki beberapa bioaktivitas, namun hingga saat ini potensi bioaktivitas sebagai allelopati dan fitotoksisitas terhadap tumbuhan guma belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi dan menguji daya aktivitas alelopati dan fitotoksisitas ekstrak Tabat Barito terhadap perkecambahan dan pertumbuhan gulma khususnya Pletekan (*Ruellia tuberosa* L.).

METODE PENELITIAN

Metode

Penelitian merupakan penelitian *experimental* menggunakan Rancangan Acak Lengkap, yang terdiri dari 4 perlakuan yaitu: Konsentrasi ekstrak metanol daun Tabat Barito (0%; 25%; 50%; 75%); Penelitian dilakukan pada dua tahap percobaan yaitu (1) tahap perkecambahan biji gulma Pletekan selama 14 hari di Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan Tumbuhan dan (2) tahap pertumbuhan tanaman uji Pletekan selama 3 bulan dilakukan di rumah kaca Laboratorium Fisiologi dan Perkembangan Tumbuhan, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mulawarman.

Persiapan Biji Tanaman Uji dan Kotak Perkecambahan (*Box Germination*).

Pada tahap ini biji Pletekan dikoleksi dan diseleksi dengan cara memanen dan mengeringkan biji yang telah tua (matang fisiologis) menggunakan oven selama 72 jam pada suhu 25°C sampai 35°C. Kotak perkecambahan (*box germination*) berukuran panjang 25 cm; lebar 15 cm; tinggi 5 cm yang digunakan sebanyak 64 kotak.

Persiapan Media Tanam Pada Tahap Pertumbuhan di Rumah Kaca

Media tanam yang digunakan adalah campuran antara tanah *topsoil* dan pupuk kompos dengan perbandingan 3 : 1. Tanah dimasukkan ke dalam pot percobaan (tinggi 25 cm; diameter 20 cm) masing-masing sebanyak 5 Kg. Jumlah pot yang digunakan sebanyak 64 pot tanam sesuai dengan rancangan percobaan 4 x 4 menggunakan ulangan sebanyak 4 kali.

Persiapan Ekstrak Daun Tabat Barito

Daun Tabat Barito yang telah dikering-angin dihaluskan menggunakan blender, kemudian dimaserasi menggunakan metanol absolut 98% selama 3 x 24 jam, di-*shaker* pada 150 rpm dan dilakukan pengadukan setiap hari. Kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman no 1, hasil penyaringan (filtrat) dipekatkan menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C sehingga diperoleh ekstrak kental daun lai. Ekstrak kental disimpan pada suhu 4°C

dan siap untuk digunakan. Sebelum digunakan pada tahap perkecambahan dan pertumbuhan gulma dan tanaman budidaya ekstrak metanol terlebih dahulu di uji kandungan metabolit sekunder (fitokimia). Uji Fitokimia dilakukan terhadap fenolik, flavonoid, tanin, Saponin, terpenoid, triterpenoid, kandungan total fenol (TPC), kandungan total flavonoid (TFC). Kemudian ekstrak diencerkan hingga konsentrasi 75%, 50%, 25% dan 0% sesuai dengan taraf perlakuan, siap digunakan pada tahap uji daya alelopati dan fitotoksisitas ekstrak pada tanaman uji.

Tahap Uji Daya Alelopati Tahap Perkecambahan

Tahap uji perkecambahan biji Pletekan dengan aplikasi ekstrak metanol daun Tabat Barito sesuai dengan perlakuan. Sebanyak 10 biji masing-masing tanaman uji dimasukkan ke dalam kotak perkecambahan yang telah dilapisi dengan kapas. Kemudian dibasahi menggunakan ekstrak metanol daun Tabat Barito sesuai dengan perlakuan (0%, 25%, 50%, 75%) dan dikecambahkan selama 12-14 hari. Selama periode perkecambahan pengamatan dan koleksi data dilakukan terhadap: waktu berkecambah (GT), rata-rata waktu berkecambah (MGT), persentase perkecambahan, panjang kecambah (radikula dan plumula), indeks perkecambahan (IG), indeks vigor kecambah (SVI).

Tahap Uji Daya Aleopati dan Fitotoksitas Tahap Pertumbuhan di Rumah Kaca

Sebanyak 5 biji Pletekan ditanam pada media pot tanam, biji ditumbuhkan dan dipelihara selama 2 bulan. Setelah berumur 2 bulan masing-masing tumbuhan uji disemprot menggunakan ekstrak metanol daun Tabat Barito sesuai dengan perlakuan (0%, 25%, 50%, 75%). Larutan ekstrak metanol daun Tabat Barito disemprot ke permukaan daun menggunakan *sprayer*. Penyemprotan dilakukan 3 x seminggu selama 4 minggu. Untuk mengetahui aktivitas aleopati analisis dilakukan terhadap: kadar klorofil a; klorofil b; klorofil total; biomas tanaman; tingkat persentase kematian; indeks fitotoksitas.

Analisis klorofil dilakukan dengan mengambil daun segar Pletekan sebanyak 1 gram, kemudian dipotong-potong, potongan daun tersebut dihancurkan dalam mortar dan kemudian ditambahkan 10 mL aseton 80%. Larutan didiamkan beberapa saat hingga klorofil larut lalu disaring menggunakan kertas saring Whatman no. 42 untuk memisahkan sisa daun yang tertinggal. Filtrat diambil 3 mL dimasukkan ke dalam cuvet dan diukur absorbansi menggunakan spektrofotometer. Absorbansi (A) diukur pada panjang gelombang 645 nm dan 663 nm.

Konsentrasi klorofil dihitung dengan rumus sebagai berikut.

Klorofil a = $12,7 (A.663) - 2,69 (A.645)$ mg/l

Klorofil b = $22,9 (A.645) - 4,68 (A.663)$ mg/l

Klorofil total = $8,02 (A.663) + 20,2 (A.645)$ mg/l

Pengukuran biomas dilakukan terhadap bobot basah dengan cara menimbang berat segar tanaman, dan bobot kering dengan cara mengeringkan tanaman menggunakan oven selama 72 jam pada suhu 100°C.

Analisis Data

Data kuantitatif pada tahap perkecambahan (waktu berkecambah, rata-rata waktu berkecambah, persentase perkecambahan, panjang kecambah, indeks perkecambahan, indeks vigor kecambah) dan pertumbuhan di rumah kaca (kadar klorofil a, b, klorofil total; biomas tanaman; tingkat persentase kematian; indeks fitotoksitas) dianalisis menggunakan aplikasi SPSS Ver 22. Data yang terdistribusi secara normal dan homogen diuji dengan analisis varian (ANOVA) dan untuk melihat perbedaan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan signifikansi $P < 5\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Senyawa Fitokimia Ekstrak Daun Tabat Barito (*Ficus deltoidea* Jack)

Penelitian dilakukan terhadap uji fitokimia ekstrak metanol daun Tabat Barito secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil terhadap kandungan dari Fitokimia secara kualitatif ekstrak metanol Tabat Barito yang disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Uji Senyawa Fitokimia Ekstrak Metanol Daun Tabat Barito Secara Kualitatif

Bahan Uji	Uji Fitokimia	Hasil Uji
Ekstrak metanol daun Tabat Barito	Alkaloid	+
	Tanin	-
	Fenolik	+
	Flavonoid	+
	Steroid	+
	Teriterpenoid	-
	Glikosida	-
	Kumarin	+
	Karotenoid	-
	Saponin	-

Keterangan: + = terdeteksi mengandung senyawa metabolit sekunder, - = tidak terdeteksi mengandung senyawa metabolit sekunder.

Ekstrak metanol daun Tabat Barito mengandung Fitokimia alkaloid, fenolik, Flavonoid, steroid dan kumarin. Senyawa alkaloid bersifat racun bagi manusia dan mempunyai sifat fisiologis yang menonjol dan digunakan secara luas dalam bidang pengobatan. Alkaloid banyak terdapat pada tumbuhan Angiospermae tetapi penyebaran alkaloid sangat tidak merata dan banyak suku tumbuhan tidak mengandung alkaloid sama sekali. Alkaloid memiliki aktivitas farmakologi tertentu, seperti menaikkan tekanan darah, mengurangi rasa sakit dan melawan infeksi mikroba. Alkaloid juga dapat berfungsi sebagai antiinflamasi (Souto et al., 2011), antimalaria (Dua et al., 2013) dan antiangiogenik (Alasvand et al., 2019). Pada tumbuhan alkaloid berfungsi sebagai zat racun untuk melawan serangga atau hewan pemakan tumbuhan karena rasanya yang pahit. Tanin dalam dunia industri mampu mengubah kulit hewan yang mentah menjadi kulit siap pakai (penyamakan),

dalam tumbuhan tanin berfungsi sebagai penolak hewan pemakan tumbuhan karena rasanya yang sepat. Tanin dilaporkan berfungsi sebagai antibakteri, antifungi, antivirus dan antitumor (Huang et al., 2024; Kumari & Sharma, 2015).

Senyawa fenolik berperan penting dalam transport elektron pada proses fotosintesis, aktivitas sitokinin, pemacu pertumbuhan, fenolik juga dapat menyerap sinar UV dan memiliki aktivitas anti inflamasi. Di samping itu kandungan senyawa fenolik memberikan efek kesehatan yang menguntungkan bagi tubuh terutama pada penyakit jantung koroner dan kanker karena memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi (Marrero et al., 2024; Kruk et al., 2022).

Flavonoid merupakan salah satu dari banyak jenis metabolit sekunder. Flavonoid mencakup banyak pigmen yang paling umum dan terdapat pada seluruh dunia tumbuhan mulai dari fungus hingga angiospermae. Pada tumbuhan tingkat tinggi, flavonoid terdapat pada bagian vegetatif maupun dalam bunga. Flavonoid yang berfungsi sebagai pigmen bunga, flavonoid berperan dalam menarik burung dan serangga penyerbuk bunga, sedangkan flavonoid yang tanpa warna, yaitu flavonoid yang dapat menyerap sinar UV diindikasikan berfungsi sebagai pengarah serangga untuk menuju area penyerbukan pada tumbuhan. Fungsi lain yang

memungkinkan dari flavonoid pada tumbuhan adalah pengatur tumbuh, pengatur fotosintesis, antimikroba dan antivirus. Selain itu, beberapa jenis flavonoid merupakan komponen abnormal yang hanya dibentuk sebagai tanggapan terhadap infeksi atau luka dan kemudian menghambat jamur yang akan menyerangnya. Kalita et al. (2023) melaporkan bahwa senyawa flavonoid pada tanaman *Biophytum sensitivum* Linn. memiliki aktivitas antioksidan yang sangat tinggi.

Senyawa golongan triterpenoid diketahui memiliki aktivitas biologis seperti anti jamur, antibakteri dan anti virus. Senyawa steroid dikenal sebagai sterol tumbuhan, yaitu kelompok steroid fitokimia yang ada secara alami di dalam tumbuhan dan tidak ditemukan pada mamalia. Senyawa ini banyak digunakan untuk keperluan seperti pengharum makanan, parfum, obat-obatan dan sebagainya. Steroid dilaporkan bersifat kardiotonik, antibakteri dan insektisida (Bagrov et al., 2009).

Saponin memiliki fungsi sebagai antimikroba, sebagai bahan baku sintesis sterol dan sitotoksik, sebagai bahan pencuci karena memiliki sifat emulsi, dapat digunakan untuk meningkatkan kolesterol serum, sebagai zat antibiotik, anti jamur, anti influenza dan peradangan tenggorokan. Saponin memiliki aktivitas bersifat antipatogen dan antimikroba (P. Ghosh et al., 2010). Bagi tumbuhan saponin memiliki

fungsi untuk meningkatkan daya kecambah benih dan menghambat sel-sel tumor pada tumbuhan dan satwa. Senyawa saponin dinyatakan positif terdapat dalam tumbuhan jika dalam reaksi pengujian yang terjadi menghasilkan busa setinggi 1-3 cm dan bertahan selama 10-15 menit.

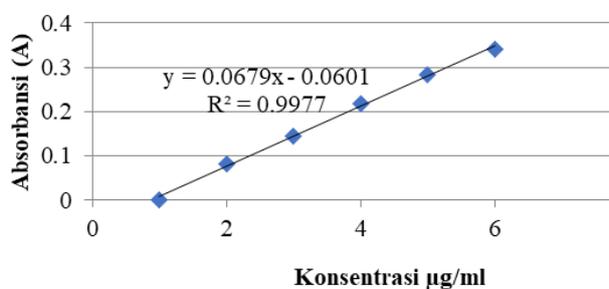
Karotenoid adalah golongan senyawa kimia organik bernutrisi yang terdapat pada pigmen alami tumbuhan dan hewan. Berdasarkan struktur kimianya, karotenoid masuk ke dalam golongan triterpenoid. Karotenoid merupakan zat yang menyebabkan warna merah, kuning, orange dan hijau pada buah dan sayuran. Peran penting karotenoid adalah sebagai agen antioksidan dan dalam sistem fotosintesis. Selain itu karotenoid juga dapat diubah menjadi vitamin esensial (Saini & Keum, 2018).

Kumarin merupakan golongan senyawa fenilpropanoid yang memiliki cincin lakton lingkaran enam dan memiliki inti 2H-1-benzopiran-2-on dengan rumus molekul $C_9H_5O_2$. Kumarin dan turunannya banyak memiliki aktivitas biologis, di antaranya dapat menstimulasi pembentukan pigmen kulit, mempengaruhi kerja enzim, anti koagulan darah, antimikroba, anti inflamasi dan menunjukkan aktivitas menghambat efek karsinogen (R. Ghosh, Singha, Das, Ghosh et al., 2023). Di sisi lain senyawa turunan kumarin polisiklik aktif sebagai anti karsinogen yang disebabkan

hidro-karbon aromatik polisiklik karsinogen seperti 6-metil(α) piran.

Hasil Fitokimia secara kuantitatif dilakukan terhadap kandungan total fenol dan Flavonoid. Larutan asam galat (GAE) digunakan sebagai standar dalam menentukan kandungan total fenol dalam ekstrak metanol Tabat Barito. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode Folin-ciocalteu yang menyerap cahaya dari larutan standar asam galat dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 760 nm menggunakan spektrofotometer UV-vis. Hasil pengukuran nilai absorbansi larutan standar asam galat yang digunakan untuk menentukan kandungan total fenolik, diperoleh kurva linier (regresi) seperti terlihat pada **Gambar 1**.

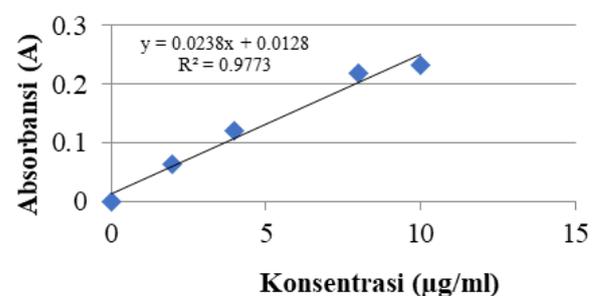
Pada **Gambar 1**, dapat dilihat bahwa hasil kurva kalibrasi asam galat diperoleh persamaan regresi $Y = 0,067X - 0,060$ dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,997. Sehingga diperoleh hasil perhitungan kandungan total fenolik ekstrak metanol



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Asam Galat pada Panjang Gelombang 760 nm

daun Tabat Barito sebesar 107,658 µg GA/mg sampel.

Penelitian dalam menentukan kadar senyawa total flavonoid ekstrak metanol daun Tabat Barito menggunakan quersetin sebagai larutan standar. Quersetin merupakan salah satu golongan Flavonoid yaitu flavonol yang mengandung gugus keto pada atom C-4 dan gugus hidroksil pada atom C-3 dan C-5 (Aminah et al., 2017). Penelitian dilakukan menggunakan metode Spektrofotometer yang menyerap cahaya dari larutan standar quersetin pada panjang gelombang 510 nm. Hasil pengukuran nilai absorbansi larutan standar quersetin dalam menentukan kandungan total flavonoid, diperoleh kurva linier (regresi) dapat dilihat pada **Gambar 2**. Hasil Kurva Kalibrasi quersetin diperoleh persamaan regresi $Y = 0,023X + 0,012$ dengan nilai koefisien korelasi (R^2) sebesar 0,977. Sehingga diperoleh hasil perhitungan kandungan total flavonoid ekstrak metanol daun Tabat Barito sebesar 175,910 µg QE/mg sampel.



Gambar 2. Kurva Kalibrasi Quersetin pada Panjang Gelombang 510 nm

Tabel 2. Pengaruh Alelopati Ekstrak Tabat Barito (*Ficus Deltoidea* Jack.) terhadap Daya Perkecambahan Pletekan (*Ruellia tuberosa* L.)

Parameter Pengamatan	Konsentrasi Ekstrak Tabat Barito (%)			
	0	25	50	75
Rata-rata Waktu Berkecambah (Hari ke-)	4,33 ^b	5,00 ^b	5,33 ^b	11,33 ^a
Persentase Perkecambahan (%)	100,00 ^a	43,33 ^b	11,33 ^c	0,00 ^d
Panjang Kecambah	9,17 ^a	4,000 ^b	1,90 ^c	0,00 ^d
Indeks Perkecambahan	2,33 ^a	0,87 ^b	0,24 ^c	0,00 ^d
Indeks Vigor Perkecambahan	916,67 ^a	173,33 ^b	25,67 ^c	0,00 ^c
Daya Allelopati Ekstrak (%)	0,00 ^d	56,67 ^c	88,67 ^b	100,00 ^a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan tingkat kepercayaan 95%.

Uji Alelopati pada Tahap Perkecambahan

Hasil uji aktivitas alelopati ekstrak metanol daun Tabat Barito pada tahap perkecambahan biji *R. tuberosa* L. disajikan pada **Tabel 2**. Parameter pengamatan meliputi: waktu pertama berkecambah, persentase perkecambahan, panjang kecambah, indeks perkecambahan, indeks vigor kecambah dan daya alelopati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak Tabat Barito yang diberikan semakin lama waktu yang ditempuh biji Pletekan untuk berkecambah; persentase perkecambahan, panjang kecambah dan indeks vigor perkecambahan semakin menurun; Namun daya alelopati ekstrak semakin meningkat

pula. Waktu berkecambah pertama merupakan indikator pertumbuhan yang paling mudah diukur dan diamati secara langsung. Pada konsentrasi tertinggi yaitu 75% menunjukkan daya hambat laju perkecambahan biji tanaman yang paling tinggi. Hal tersebut diduga karena senyawa alelokimia dalam ekstrak Tabat Barito menghambat proses dan waktu berkecambah.

Li et al. (2021) melaporkan bahwa pemberian ekstrak tanaman yang mengandung senyawa alelopati mampu menghambat daya perkecambahan beberapa gulma dan memperlambat waktu untuk berkecambah dibandingkan tanpa pemberian ekstrak. Dokumentasi proses perkecambahan disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Perkecambahan Biji Gulma Pletekan pada Berbagai Konsentrasi Ekstrak Metanol Daun Tabat Barito (*F. deltoidea*)

Alelopati mampu menghambat aktivitas enzim-enzim yang melakukan degradasi cadangan makanan dalam benih sehingga energi tumbuh yang dihasilkan sangat rendah dan memerlukan waktu yang lebih lama sehingga menurunkan kemampuan berkecambah. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian (Mirnawati et.al, 2017) dalam penelitiannya pemberian ekstrak daun tahi ayam (*Lantana camara*) terhadap perkecambahan biji akasia berduri (*Acacia nilotica*) yang diduga mengandung alelopati menunjukkan hasil bahwa pemberian ekstrak *L. camara* dapat memperlambat munculnya kecambah biji *A. nilotica* dengan perlakuan p0 (0%) menunjukkan waktu berkecambah tercepat dan perlakuan p4 (30%) memerlukan waktu yang lama pada biji akasia untuk berkecambah.

Pengujian persentase perkecambahan perlu dilakukan untuk menentukan potensi kecambah maksimum dari suatu biji tanaman. Menurut (Susilowati, 2012) adanya alelokimia secara tidak langsung mempengaruhi biji tanaman dalam melakukan penyerapan air bahkan konsentrasi alelokimia yang lebih tinggi daripada konsentrasi air di luar biji dapat mengakibatkan air tidak dapat diserap sehingga dapat menghalangi proses perkecambahan biji.

Perlakuan konsentrasi yang paling menghambat persentase perkecambahan

yaitu pada konsentrasi 75% terhadap tanaman Pletakan (*Ruellia tuberosa*) berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Hasil ini sesuai dengan penelitian (Pebriani et al., 2013) bahwa pemberian ekstrak daun sembung rambat terhadap gulma mamon ungu dan rumput bahia mampu menghambat perkecambahan biji gulma pada konsentrasi 30%.

Senyawa alelokimia berupa fenol dan flavonoid lebih efektif menghambat aktivitas enzim selama proses perkecambahan, kondisi tersebut mengakibatkan proses perkecambahan menjadi terhambat dan akibatnya persentase perkecambahan menurun. Terhambatnya daya kecambah pada biji tanaman merupakan tanda umum yang ditimbulkan akibat pengaruh alelopati pada tanaman, pada saat perkecambahan biji senyawa alelopati dapat mengganggu aktivitas enzim sehingga menyebabkan perkecambahan terhambat bahkan biji tidak mampu untuk berkecambah (Li et al., 2021; Susanti et al., 2014).

Hasil Uji Daya Alelopati dan Fitotoksisitas pada Tahap Pertumbuhan

Daya alelopati dan fitotoksisitas ekstrak metanol daun Tabat Barito terhadap pertumbuhan gulma Pletakan disajikan pada **Tabel 3**. Beberapa parameter pertumbuhan yang diamati pada uji daya alelopati dan fitotoksisitas ekstrak Tabat Barito tahap pertumbuhan gulma Pletakan yang meliputi:

Tabel 3. Daya Alelopati dan Fitotoksitas Ekstrak Metanol Daun Tabat Berito pada Berbagai Konsentrasi (%) Terhadap Pertumbuhan Gulma Pletakan

Parameter Pengamatan	Konsentrasi Ekstrak Tabat Barito (%)			
	0	25	50	75
Bobot Basah (gr)	3,59 ^a	1,52 ^b	1,29 ^{bc}	0,84 ^c
Bobot Kering (gr)	0,46 ^a	0,28 ^b	0,26 ^b	0,15 ^c
Peresentase kematian	0,00 ^c	6,67 ^b	37,18 ^c	53,33 ^a
Daya Fitotoksitas (%)	0,00 ^c	23,00 ^b	46,00 ^c	78,00 ^a
Skor Fitotoksitas	0,00 ^c	1,00 ^b	2,00 ^c	3,00 ^a
Kadar Klorofil a (mg/L)	0,06 ^a	0,04 ^{ab}	0,04 ^{ab}	0,03 ^b
Kadar Klorofil b (mg/L)	0,06 ^a	0,05 ^a	0,06 ^a	0,03 ^a
Kadar Klorofil Total (mg/L)	0,07 ^a	0,01 ^c	0,04 ^{ab}	0,02 ^{bc}
Kategori Daya Fitotoksitas	Tidak ada	Rendah	Sedang	Kuat Tinggi

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan hasil tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT dengan tingkat kepercayaan 95%.

bobot basah, bobot kering, persentase kematian, daya fitotoksitas, kadar klorofil a, klorofil b, dan klorofil total.

Bobot basah adalah total kandungan pada organ-organ tumbuhan. Berkurangnya tinggi tanaman menyebabkan jumlah nodus tempat daun tumbuh pun berkurang yang berpengaruh terhadap bobot basah tanaman. Hasil bobot basah tanaman diperoleh dari proses penimbangan tanaman secara langsung sebelum tanaman layu akibat kehilangan air. **Tabel 3.** menunjukkan bahwa pemberian ekstrak Tabat Barito berpengaruh terhadap bobot basah tanaman apabila dibandingkan dengan kontrol. Nilai bobot basah yang paling tinggi terdapat pada konsentrasi 0% sedangkan terendah pada konsentrasi 75%. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian (Pratama, 2019) menunjukkan bahwa penurunan bobot basah tanaman bandotan menurun seiring dengan kenaikan konsentrasi ekstrak daun kirinyuh, dan penurunan bobot basah tertinggi terjadi pada konsentrasi ekstrak 40% yaitu sebesar

96,26%. Berkurangnya nilai bobot basah pada setiap jenis tanaman diduga karena adanya penghambatan pertumbuhan dan perkembangan sel akibat senyawa alelokimia yang terdapat pada ekstrak Tabat Barito. Tanaman yang mendapatkan penambahan herbisida mampu mempengaruhi pola pertumbuhan dengan cepat, sel meristematik akan berhenti membelah pemanjangan sel menghentikan pertumbuhan panjang, sehingga bobot basah tanaman juga akan berkurang. Nilai bobot basah dipengaruhi oleh kadar air, unsur hara serta metabolisme (Chaïb et al., 2021; Li et al., 2021).

Penurunan bobot kering ditunjukkan pada perlakuan konsentrasi ekstrak Tabat Barito 75% yang berbeda nyata apabila dibandingkan dengan kontrol. Diduga pemberian ekstrak Tabat Barito dengan konsentrasi 75% sudah cukup optimum untuk menurunkan bobot kering tanaman. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan maka semakin rendah pula bobot

kering tanaman. Hal ini diduga tersedianya unsur K dan P yang cukup dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman.

Bobot kering tanaman mencerminkan pertumbuhan tanaman dan banyaknya unsur hara yang terserap oleh tanaman, semakin tinggi bobot kering tanaman yang dihasilkan, pertumbuhan tanaman semakin baik dan unsur hara yang terserap tanaman semakin banyak (Adji et al., 2024). Terjadinya penurunan bobot kering tanaman juga dapat terjadi akibat adanya gangguan aktivitas metabolisme tanaman, senyawa dalam ekstrak Tabat Barito diduga menyebabkan penurunan kemampuan tanaman menyerap hara yaitu berupa mikronutrien yang diperlukan tumbuhan, salah satunya adalah unsur natrium (N) dalam tumbuhan yang berfungsi untuk merangsang pertumbuhan tanaman dan merangsang pertumbuhan vegetatif seperti daun, senyawa alelopati yang terdapat pada ekstrak Tabat Barito yang terlalu banyak masuk ke dalam tumbuhan dapat menekan bobot kering tanaman.

Semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang diberikan semakin tinggi pula persentase kematian tanaman. Kematian tanaman terjadi pada minggu keempat pengamatan setelah 6 dan 7 hari pemberian ekstrak Tabat Barito. Hal ini diduga adanya senyawa alelopati yang terdapat pada ekstrak Tabat Barito yang terserap sehingga menyebabkan tumbuhan mengalami

kematian. Hal ini juga sesuai dengan hasil penelitian Susanti et al. (2014) yang menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun *Gleichenia linearis* berpengaruh dalam meningkatkan persentase kematian tanaman *Mikania micrantha* sejalan dengan kenaikan konsentrasi ekstrak *G. linearis* yang diberikan. Susanti et al. (2014) menambahkan pula bahwa pemberian herbisida nabati dapat menyebabkan layu pada tanaman. Kandungan alelopati yang diserap oleh tanaman dapat merusak bahkan menghambat transpor ion terlarut melewati membran sel sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi abnormal dan apabila berlangsung terus menerus dapat menyebabkan kematian pada tanaman. Fitotoksitas merupakan tingkat keracunan pada tanaman akibat adanya pemberian/penyemprotan ekstrak Tabat Barito sehingga mengakibatkan kerusakan pada tanaman gulma yang diaplikasikan.

SIMPULAN

Ekstrak metanol daun Tabat Barito mengandung fitokimia alkaloid, fenolik, flavonoid, steroid dan kumarin, dengan total kandungan fenolik sebesar 107,66 µg GA/mg ekstrak dan kandungan total Flavonoid (TFC) sebesar 175,91µg QE/mg ekstrak. Ekstrak metanol daun Tabat Barito mampu menghambat proses perkecambahan biji gulma Pletakan. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak semakin kuat daya

hambat terhadap kemampuan berkecambah biji gulma. Pada tahap uji pertumbuhan hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol memiliki daya alelopati dan fitotoksisitas terhadap pertumbuhan gulma. Daya alelopati dan fitotoksisitas ekstrak tertinggi dihasilkan pada konsentrasi 75% dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun Tabat Barito berpotensi dijadikan sebagai sumber bahan alelopati sebagai bio-herbisida alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Mulawarman yang telah mendanai penelitian program Skim Pembiayaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Pendanaan PNBPN Tahun Anggaran 2024 dengan nomor kontrak: 1559/un.17.7/pt/2024.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiah, R. A. R. (2018). *Potential of Lamtoro Leaf Extract (Leucaena leucocephala Lam.) as a Bioherbicide Against the Growth of Several Types of Weeds* [Thesis]. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang, Indonesia.

Adji, I.S., Susila, A.D., Purnamawati, H. (2024). Effect of P and K Soil Content on Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum*) Plants in Andisol Soil. *Bul. Agrohorti*, 12(3), 327–335.

<https://doi.org/10.29244/agrob.v12i3.54543>.

- Alasvand, M., Assadollahi, V., Ambra, R., Hedayati, E., Kooti, W., & Peluso, I. (2019). Antiangiogenic Effect of Alkaloids. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2019/9475908>
- Alegore, F. (2015). *Utilization of Ketapang Leaf Extract (Ternminalia catappa) as a Natural Herbicide Against the Growth Of Teki Grass (Cyperus rotundus)*. Sanata Dharma University, Yogyakarta, Indonesia.
- Aminah, A., Tomayahu, N., & Abidin, Z. (2017). Penetapan Kadar Flavonoid Total Ekstrak Etanol Kulit Buah Alpukat (*Persea americana* Mill.) Dengan Metode Spektrofotometri UV-VIS. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 4(2), 226–230. <https://doi.org/10.33096/jffi.v4i2.265>
- An, M., Liu, D. L., Wu, H., & Liu, Y. H. (2008). Allelopathy from a Mathematical Modeling Perspective. In *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry* (pp. 169–186). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-77337-7_9
- Anh, L. H. (2021). Phenolic Allelochemicals: Achievements, Limitations, And Prospective Approaches In Weed Management. *Weed Biology Management*, 21:37–67 (January). <https://doi.org/10.1111/wbm.12230>
- Bagrov, A. Y., Shapiro, J. I., & Fedorova, O. V. (2009). Endogenous cardiotoxic steroids: physiology, pharmacology, and novel therapeutic targets. *Pharmacological Reviews*, 61(1), 9–38. <https://doi.org/10.1124/pr.108.000711>
- Bajwa, A. A. (2014). Sustainable weed management in conservation agriculture. *Crop Protection*, 65, 105–113. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2014.07.014>

- Chaïb, S., Pistevos, J. C. A., Bertrand, C., & Bonnard, I. (2021). Allelopathy and allelochemicals from microalgae: An innovative source for bio-herbicidal compounds and biocontrol research. *Algal Research*, 54(October 2020). <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102213>
- Dua, V. K., Verma, G., Singh, B., Rajan, A., Bagai, U., Agarwal, D., Rastogi, A. (2013). Anti-malarial property of steroidal alkaloid conessine isolated from the bark of *Holarrhena antidysenterica*. *Malaria Journal*, 12(1), 194. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-12-194>
- Ghosh, P., Mandal, A., Chakraborty, P., Rasul, M., Chakraborty, M., & Saha, A. (2010). Triterpenoids from *Psidium guajava* with biocidal activity. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 72(4), 504. <https://doi.org/10.4103/0250-474X.73936>
- Ghosh, R., Singha, P. S., Das, L. K., Ghosh, D., & Firdaus, S. B. (2023). Anti-inflammatory activity of natural coumarin compounds from plants of the Indo-Gangetic plain. *AIMS Molecular Science*, 10(2), 79–98. <https://doi.org/10.3934/molsci.2023007>
- Huang, J., Zaynab, M., Sharif, Y., Khan, J., Al-Yahyai, R., Sadder, M., Li, S. (2024). Tannins as antimicrobial agents: Understanding toxic effects on pathogens. *Toxicon*, 247, 107812. <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2024.107812>
- Jabran, K., Mahajan, G., Sardana, V., & Chauhan, B. S. (2015). Allelopathy for weed control in agricultural systems. *Crop Protection*, 72, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.03.004>
- Junaedi, A., Chozin, M. A., & Kim, K. H. (2006). Perkembangan Terkini Kajian Alelopati. *Hayati Journal of Biosciences*, 13(2), 79–84. [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30386-2](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30386-2)
- Kalita, P., Tapan, B. K., Pal, T. K., & Kalita, R. (2013). Estimation of Total Flavonoids Content (Tfc) and Anti Oxidant Activities of Methanolic Whole Plant Extract of *Biophytum Sensitivum* Linn. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 3(4), 33–37. <https://doi.org/10.22270/jddt.v3i4.546>
- Kostina-Bednarz, M., Płonka, J., & Barchanska, H. (2023). *Allelopathy as a source of bioherbicides: challenges and prospects for sustainable agriculture. Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 22). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/s11157-023-09656-1>
- Kruk, J., Aboul-Enein, B. H., Duchnik, E., & Marchlewicz, M. (2022). Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *The Journal of Physiological Sciences*, 72(1), 19. <https://doi.org/10.1186/s12576-022-00845-1>
- Kumari, A., & Sharma, R. A. (2015). Estimation of total phenol, flavonoid contents and DPPH free radical scavenging activity of *Oxalis corniculata* Linn. *International Journal of Biological & Pharmaceutical Research*, 6(3), 178–181.
- Li, Z.R., Amist N., Ba, L. Y. (2019). Allelopathy In Sustainable Weeds Management. *Allelopathy Journal*. *Allelopathy Journal*, 48(2), 109–138.
- Li, J., Chen, L., Chen, Q., Miao, Y., Peng, Z., Huang, B., Du, H. (2021). Allelopathic effect of *Artemisia argyi* on the germination and growth of various weeds. *Scientific Reports*, 11(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83752-6>
- Manurung, H., Aryani, R., Nugroho, R. A., Sari, Y. P., Chernovita, R., & Auliana. (2019). Phytochemical analysis and antioxidant activity of leaves extracts of endemic plant Jahe Balikpapan

- (Etlingera balikpapanensis A.D. Poulsen). *International Journal of Scientific and Technology Research*, 8(9).
- Manurung, H., Susanto, D., Kusuma, R., Nugroho, R. A., Aryani, R., & Setiawan, A. (2024). Allelopathic effects of lai (*Durio kutejensis* Hassk. Becc) leaf extract, on germination and early growth of weeds and crops. *Allelopathy Journal*, 63(1), 45–58. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2024-63-1-1498>
- Manurung, H., Susanto, D., Kusumawati, E., Aryani, R., Nugroho, R. A., Kusuma, R., Sari, R. D. (2022). Phytochemical, GC-MS analysis and antioxidant activities of leaf methanolic extract of Lai (*Durio kutejensis*), the endemic plant of Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(11), 5566–5573. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231104>
- Marrero, A. D., Quesada, A. R., Martínez-Poveda, B., & Medina, M. Á. (2024). Anti-Cancer, Anti-Angiogenic, and Anti-Atherogenic Potential of Key Phenolic Compounds from Virgin Olive Oil. *Nutrients*, 16(9), 1283. <https://doi.org/10.3390/nu16091283>
- Mirawati, Pitopang, R., Suwastika, I. N. (2017). Effectiveness of Leaf Extract of Lantana Camara L. as Natural Herbicide Against Seed Germination of Acacia Nilotica. *Journal of Science and Technology*, 6(2), 116–128.
- Motmainna, M., Shukor B, A., Md. Kamal Uddin, J., Binti Asib, N., Mominul Islam, A., & Hasan, M. (2021). Assessment of allelopathic compounds to develop new natural herbicides : A review. *Allelopathy Journal*, 52(1), 21–40. <https://doi.org/10.26651/allelo.j/2021-52-1-1305>
- Pebriani, Linda, R., M. (2013). Potensi Ekstrak Daun Sembung Rambat (*Mikania Micrantha* H.B.K) Sebagai Bioherbisida Terhadap Gulma Maman Ungu (*Cleome Rutidosperma* D.C) Dan Rumput Bahia (*Paspalum Notatum* Flugge). *Jurnal Protobiont*, 2(2), 3–38.
- Pérez-Amador, M. C., Muñoz Ocotero, V., Ibarra Balcazar, R., & García Jiménez, F. (2010). Phytochemical and pharmacological studies on *Mikania micrantha* H.B.K. (Asteraceae). *Phyton-International Journal of Experimental Botany*, 79, 77–80. <https://doi.org/10.32604/phyton.2010.79.077>
- Pratama, P. Y. (2019). Potensi Ekstrak Daun Kirinyuh (*Chromolaena Odorata* L.) Sebagai Herbisida Nabati Terhadap Penghambatan Perkecambahan Dan Pertumbuhan Gulma Bandotan (*Ageratum Conyzoides* L.). *Skripsi*. Retrieved from <http://repository.uir.ac.id/id/eprint/10333>
- Saini, R. K., & Keum, Y.-S. (2018). Carotenoid extraction methods: A review of recent developments. *Food Chemistry*, 240, 90–103. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.099>
- Scavo, A., & Mauromicale, G. (2021). Crop allelopathy for sustainable weed management in agroecosystems: Knowing the present with a view to the future. *Agronomy*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/agronomy11112104>
- Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R., & Gniazdowski, A. (2013). Allelochemicals as Bioherbicides — Present and Perspectives. In *Herbicides - Current Research and Case Studies in Use*. InTech. <https://doi.org/10.5772/56185>
- Souto, A. L., Tavares, J. F., Da Silva, M. S., De Diniz, M. F. F. M., De Athayde-Filho, P. F., & Barbosa Filho, J. M. (2011). Anti-inflammatory activity of alkaloids: An update from 2000 to 2010. *Molecules*, 16(10), 8515–8534. <https://doi.org/10.3390/molecules16108515>
- Susanti, A. T. A., Isda, M. N., & Fatonah, S. (2014). Potensi Alelopati Ekstrak Daun

- Gleichenia linearis (Burm.) Underw. Terhadap Perkecambahan Dan Pertumbuhan Anakan Gulma *Mikania micrantha* (L.) Kunth. *Jom Fmipa*, 1(2), 1-7.
- Susilowati, E. (2012). *Perkecambahan dan Pertumbuhan Gulma Bayam Duri (Amaranthus spinosus L.) pada Pemberian Ekstrak Kirinyuh (Chromolaena odorata (L.) R.M.King &H.E.Rob.)*. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.