

Uji Efektivitas Bioherbisida Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) pada Gulma Babadotan (*Ageratum conyzoides* L.)

*Evaluation of the Effectiveness of Papaya (*Carica papaya* L.) Leaf Extract Bioherbicide on Babadotan Weed (*Ageratum conyzoides* L.)*

Alda Septiyani*, Andree Saylendra, Samsu Hilal, Julio E.R. Rumbiak

Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Raya Palka Km.3, Sindang Sari, Kota Serang, Banten 42163, Indonesia

*E-mail Penulis Korespondensi: aldaseptiani535@gmail.com

ABSTRACT

The excessive use of synthetic herbicides can have adverse effects on living organisms and the environment. Therefore, environmentally friendly weed control alternatives are needed, such as the use of bioherbicides. Papaya leaf extract contains allelopathic compounds including alkaloids, triterpenoids, steroids, flavonoids, saponins, tannins, and phenols that can inhibit weed growth. This study aimed to determine the effectiveness of papaya (*Carica papaya* L.) leaf extract as a bioherbicide in suppressing the growth of babadotan (*Ageratum conyzoides* L.) weeds. The study was conducted from February to May 2025 at the Bukit Kawi Permai Complex, Kramatwatu Village, Kramatwatu District, Serang Regency and the LPHP Region II Laboratory, Pandeglang. This study used a Completely Randomized Block Design (RBD) consisting of seven treatment levels, with four replications. The treatment levels included: P0-: negative control without herbicide, P0+: positive control herbicide (bispiribak sodium 18% and pyrazosulfuron 10%), P1: 30% extract, P2: 40% extract, P3: 50% extract, P4: 60% extract, and P5: 70% extract. The results showed that the administration of papaya leaf extract showed effectiveness as a bioherbicide in inhibiting the growth of babadotan weeds compared to the control. Administration of papaya leaf extract at a concentration of 60% and 70% had a very significant effect on fresh weight and had an effect on phytotoxicity of 13.35% (P4) and 17.5% (P5).

Keywords: *Ageratum conyzoides*, allelopathy, bioherbicide, *Carica papaya*, weed control

ABSTRAK

Penggunaan herbisida sintetik yang berlebihan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap makhluk hidup dan lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pengendalian gulma yang ramah lingkungan seperti penggunaan bioherbisida. Ekstrak daun pepaya mengandung senyawa alelopati seperti alkaloid, triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, tanin, dan fenol yang dapat menghambat pertumbuhan gulma. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai bioherbisida dalam menghambat pertumbuhan gulma babadotan (*Ageratum conyzoides* L.). Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari–Mei 2025 di Komplek Bukit Kawi Permai, Desa Kramatwatu, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang dan Laboratorium LPHP Wilayah II Pandeglang. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari tujuh taraf perlakuan, dengan 4 ulangan. Taraf-taraf perlakuan meliputi: P0-: kontrol negatif tanpa berbisida, P0+: kontrol positif herbisida (bispiribak sodium 18% dan pirazosulfuron 10%), P1: 30% ekstrak, P2: 40% ekstrak, P3: 50% ekstrak, P4: 60% ekstrak, dan P5: 70% ekstrak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun pepaya menunjukkan efektivitas sebagai bioherbisida dalam menghambat pertumbuhan gulma babadotan dibandingkan dengan kontrol. Pemberian ekstrak daun pepaya pada konsentrasi 60% dan 70% berpengaruh sangat nyata terhadap berat basah serta memberikan pengaruh terhadap fitotoksisitas sebesar 13,35% (P4) dan 17,5% (P5).

Kata kunci: *Ageratum conyzoides*, alelopati, bioherbisida, *Carica papaya*, pengendalian gulma

PENDAHULUAN

Ageratum conyzoides L disebut juga sebagai gulma babadotan atau wedusan merupakan jenis tanaman liar yang biasanya tumbuh di pekarangan rumah dan di kebun pertanian. Tumbuhan ini sering juga disebut bandotan atau babadotan, dan dalam Bahasa Inggris *goatweed*. Tumbuhan gulma ini menyebar luas di seluruh wilayah tropika bahkan subtropika. Babadotan termasuk ke dalam gulma golongan berdaun lebar dan dapat memperbanyak diri dengan menggunakan biji yang mudah tersebar dengan angin, air, atau hewan. Populasi gulma babadotan seringkali lebih mendominasi dibandingkan tumbuhan liar lainnya dalam suatu lahan pertanian. Berdasarkan hasil penelitian (Rozaqi

& Sebayang (2022), menunjukkan bahwa gulma yang mendominasi di area pertanian bawang putih adalah gulma babadotan dengan nilai *Summed Dominance Ratio* (SDR) pada pengamatan 20 hst, 30 hst, dan 45 hst masing-masing sebesar 32,82%, 21,85%, dan 27,99%. Pada hasil penelitian Umiyati *et al.* (2018) menunjukkan bahwa gulma yang mendominasi pada lahan pertanian tanaman karet adalah *A. conyzoides* L. dengan Nilai Jumlah Dominansi (NJD) sebesar 23,63%. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Safarni *et al.* (2023) menunjukkan bahwa pada analisis vegetasi gulma di lahan ubi kayu Nuabosi dengan perlakuan olah tanah ditemukan sebanyak 19 jenis gulma dan dari keseluruhan jenis yang teridentifikasi, gulma babadotan tercatat memiliki populasi tertinggi, yakni sebanyak 269 individu.

Pengendalian gulma yang dilakukan oleh petani biasanya masih menggunakan herbisida sintetik. Penggunaan herbisida sintetik yang dilakukan secara terus-menerus dapat mengakibatkan dampak negatif untuk lingkungan dan makhluk hidup. Sehingga dibutuhkan alternatif lain dalam mengendalikan gulma yang lebih ramah lingkungan pada kegiatan pemeliharaan tanaman. Bioherbisida telah dianggap sebagai elemen pengendalian gulma yang penting, meskipun kegunaannya bukan sebagai pengganti total tetapi lebih sebagai alternatif herbisida kimia. Bioherbisida dapat berasal dari tanaman yang berpotensi menghambat pertumbuhan gulma dengan syarat tanaman yang digunakan memiliki kandungan senyawa yang bersifat aleopati, misalnya mengandung senyawa tanin karena senyawa ini dapat menekan pertumbuhan gulma (Sari & Jainal, 2020).

Salah satu tanaman yang dapat digunakan sebagai bioherbisida adalah tanaman pepaya (*Carica papaya* L.). Senyawa aleopati paling aktif dapat ditemukan pada bagian daun pepaya, dibandingkan dengan bagian tanaman yang lain. Daun pepaya memiliki senyawa aleopati berupa alkaloid, triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, dan tanin (A'yun & Laily, 2015). Berdasarkan hasil penelitian Indriastuti (2023), ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi 60% terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan gulma teki, sekaligus aman digunakan karena tidak menimbulkan efek toksik pada tanaman kacang hijau. Sesuai dengan uraian di atas tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas ekstrak daun pepaya sebagai bioherbisida dalam menghambat pertumbuhan gulma babadotan.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan merupakan jenis penelitian eksperimental, yang dilaksanakan di Komplek Bukit Kawi Permai, Desa Kramatwatu, Kecamatan Kramatwatu, Kabupaten Serang dan Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit (LPHP) Wilayah II Pandeglang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari–Mei 2025.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu pisau, cangkul, botol plastik 1 liter, puring nasi/saringan, penggaris, timbangan digital, timbangan analitik, *blender*, *oven*, amplop coklat, polibag ukuran 25 cm x 25 cm, bak semai, *handsprayer* 10 ml, gelas ukur 1 liter, gunting, papan label dan alat tulis. Bahan-bahan yang digunakan yaitu herbisida (bispiribak sodium 18% dan pirazosulfuron 10%), benih gulma babadotan, media tanam, daun pepaya segar, dan air.

Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), yaitu konsentrasi ekstrak daun pepaya yang terdiri dari 7 perlakuan. Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga didapatkan 28 sampel percobaan. Pada setiap satuan percobaan ditanami 3 gulma babadotan, sehingga diperlukan 84 gulma babadotan. Adapun perlakuan-perlakuan tersebut terdiri atas:

- P0- : Tanpa berbisida ekstrak daun pepaya (kontrol negatif)
- P0+ : Herbisida kimia (bispiribak sodium 18% dan pirazosulfuron 10%) 10 mL
- P1 : Konsentrasi 30% (30 mL ekstrak daun pepaya + 70 mL air)
- P2 : Konsentrasi 40% (40 mL ekstrak daun pepaya + 60 mL air)
- P3 : Konsentrasi 50% (50 mL ekstrak daun pepaya + 50 mL air)
- P4 : Konsentrasi 60% (60 mL ekstrak daun pepaya + 40 mL air)
- P5 : Konsentrasi 70% (70 mL ekstrak daun pepaya + 30 mL air)

Penanaman

Biji gulma babadotan dikumpulkan pada pagi hari dari tanaman liar yang tumbuh di daerah Margasana, Kec. Kramatwatu, Kab. Serang, Banten. Pengambilan biji dilakukan saat tanaman sudah matang, ditandai dengan biji yang terkelupas dari kulit buah dan berwarna hitam. Biji babadotan sendiri berwarna hitam, berukuran kecil, dengan panjang sekitar 1,5 hingga 2 mm (Arie *et al.*, 2015). Sebanyak 100 biji gulma disemai di dalam bak semai yang berisi campuran media tanam berupa tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1, lalu dibiarkan tumbuh selama dua minggu. Selama masa persemaian, tanaman disiram dua kali sehari, yaitu pada pagi dan sore hari.

Setelah dua minggu, bibit gulma yang sudah tumbuh dipindahkan ke dalam polybag perlakuan yang telah diisi media tanam. Sesuai dengan pernyataan Sastroutomo (1990), biji gulma umumnya mulai berkecambah dalam waktu singkat, yaitu sekitar dua minggu setelah berada di dalam tanah. Tanaman yang dipilih untuk dipindahkan ke dalam polybag adalah tanaman yang memiliki ukuran seragam dan jumlah daun yang sama. Proses pemindahan dilakukan pada pagi hari, dengan setiap polybag diisi oleh tiga gulma babadotan.

Pembuatan Ekstrak Daun Pepaya

Untuk pembuatan ekstrak daun pepaya, disiapkan bahan ekstrak berupa daun pepaya segar sebanyak 500 g, lalu daun dipotong kecil-kecil. Daun pepaya dihaluskan menggunakan blander dan ditambahkan dengan 500 mL air sehingga didapatkan konsentrasi ekstrak 100%. Ekstrak disaring menggunakan saringan dan disimpan pada suhu ruang selama 24 jam untuk memisahkan antara endapan dengan ekstrak (Hastuti, 2021). Daun pepaya yang digunakan adalah daun tua, memiliki bentuk daun normal (tidak berlubang dan tidak kerdil), serta berwarna hijau tua (Indriastuti, 2023). Daun diambil dari daun yang paling bawah pada rangkaian daun menuju ke atas. Daun pepaya tersebut merupakan jenis pepaya gendul yang didapatkan dari sekitaran lahan pertanian. Setelah itu, ekstrak tersebut diecerkan dengan melarutkannya dalam air, sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan, yaitu:

- 30% (30 mL ekstrak daun pepaya + 70 mL air)
- 40% (40 mL ekstrak daun pepaya + 60 mL air)
- 50% (50 mL ekstrak daun pepaya + 50 mL air)
- 60% (60 mL ekstrak daun pepaya + 40 mL air)
- 70% (70 mL ekstrak daun pepaya + 30 mL air)

Aplikasi Ekstrak Daun Pepaya

Penyemprotan ekstrak daun pepaya dilakukan pada hari kedua setelah tanaman dipindahkan ke dalam polybag pada pagi hari. Ekstrak disemprotkan ke seluruh bagian tanaman sebanyak tiga kali dalam seminggu, dengan interval waktu dua hari antar penyemprotan, dan berlangsung selama 35 hari. Setiap kali penyemprotan, masing-masing tanaman mendapatkan dosis 10 mL ekstrak, sehingga total dilakukan penyemprotan sebanyak 15 kali (Rana *et al.*, 2020). Sementara itu, herbisida Serendy 28 WP hanya diaplikasikan satu kali, yaitu pada hari kedua setelah tanaman dipindahkan ke dalam polybag, sesuai dengan dosis yang dianjurkan pada kemasan produk. Herbisida ini akan disemprotkan ke seluruh bagian tanaman dengan dosis 10 mL.

Variabel Pengamatan

Variabel-variabel pengamatan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tinggi tanaman (cm); tinggi babadotan diukur dengan menggunakan penggaris dimulai dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi (pucuk daun). Pengukuran tinggi gulma dilakukan pada awal pengamatan sampai akhir pengamatan dengan selang waktu 7 hari sekali (Rana *et al.*, 2020), yaitu pada 1 MST, 2 MST, 3 MST, 4 MST, dan 5 MST.
2. Jumlah daun (helai); jumlah daun babadotan dihitung sebagai variabel untuk mengetahui pertumbuhan vegetatifnya. Pengukuran dilakukan setiap 7 hari sekali, yaitu pada 1 MST, 2 MST, 3 MST, 4 MST, dan 5 MST.
3. Panjang Akar (cm); panjang akar gulma babadotan diukur dengan menggunakan penggaris dimulai dari akar primer hingga pangkal akar. Pengukuran panjang akar dilakukan di akhir pengamatan (Waliden, 2016), yaitu pada 5 MST atau ketika gulma berumur 36 HST.
4. Berat basah (g); berat basah babadotan ditimbang dalam keadaan segar dengan menggunakan timbangan analitik. Penimbangan berat basah gulma dilakukan pada hari terakhir pengamatan, yaitu pada 5 MST atau ketika gulma berumur 36 HST.
5. Berat kering (g); berat kering gulma babadotan didapatkan dengan cara memasukan gulma ke dalam amplop coklat, kemudian dioven pada suhu 105°C selama 1 hari (Talahatu & Papilaya, 2015). Penimbangan berat kering gulma dilakukan pada hari terakhir pengamatan, yaitu pada 5 MST atau ketika gulma berumur 36 HST.
6. Fitotoksisitas (%); fitotoksisitas merupakan salah satu variabel yang menunjukkan potensi dari bioherbisida untuk dapat menimbulkan efek keracunan pada tanaman ditandai dengan perubahan warna daun setelah diberi perlakuan bioherbisida. Tingkat fitotoksisitas gulma diamati dengan melihat skor 0-4, yaitu:
 - 0 = Tidak terlihat adanya keracunan, (persentase keracunan 0-5%, daun memiliki bentuk dan warna normal)
 - 1 = Adanya keracunan skala ringan, (persentase keracunan 6-10%, daun memiliki bentuk dan warna tidak normal)
 - 2 = Adanya keracunan skala sedang, (persentase keracunan 11-20%, daun memiliki bentuk dan warna tidak normal)
 - 3 = Adanya keracunan skala berat, (persentase keracunan 21-50%, daun memiliki bentuk dan warna tidak normal)
 - 4 = Adanya keracunan skala sangat berat (persentase keracunan >50%, daun memiliki bentuk dan warna tidak normal, sehingga daun mengering dan rontok sampai mati)

Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan akan dianalisis menggunakan metode analisis ragam atau analisis varians (ANOVA) untuk melihat apakah perlakuan yang diberikan berpengaruh terhadap variabel yang diamati. Sementara itu, untuk variabel fitotoksisitas tidak dilakukan analisis statistik. Jika hasil ANOVA menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan, maka analisis akan dilanjutkan dengan uji pembandingan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%, untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan perbedaan nyata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian efektivitas bioherbisida ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) pada gulma babadotan (*A. conyzoides* L) dengan menggunakan variabel pengamatan, diantaranya tinggi tanaman (cm), jumlah daun (helai), panjang akar (cm), berat basah (g), dan berat kering (g) terdapat pada (Tabel. 1).

Rekapitulasi analisis ragam perlakuan konsentrasi ekstrak daun pepaya menunjukkan berpengaruh sangat nyata pada variabel tinggi tanaman, jumlah daun (3 minggu, 4 minggu, dan 5 minggu setelah tanam MST), panjang akar, berat basah, dan berat kering. Rekapitulasi variabel jumlah daun pada 1 MST dan 2 MST yang terlihat pada (Tabel.1) menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata akibat pemberian perlakuan konsentrasi ekstrak daun pepaya.

Tabel 1. Rekapitulasi analisis ragam efektivitas bioherbisida ekstrak daun pepaya pada gulma babadotan

Variabel Pengamatan	Perlakuan Ekstrak Daun Pepaya	Koefisien Keragaman (%)
Tinggi Tanaman (cm)		
1 MST	**	6,493 ^a
2 MST	**	8,324 ^a
3 MST	**	14,272 ^a
4 MST	**	15,798 ^a
5 MST	**	15,197 ^a
Jumlah Daun (helai)		
1 MST	*	5,0395 ^a
2 MST	*	5,2113 ^a
3 MST	**	14,637 ^a
4 MST	**	18,934 ^a
5 MST	**	21,563 ^a
Panjang Akar (cm)	**	14,322 ^a
Berat Basah (g)	**	10,616 ^a
Berat Kering (g)	**	1,9219 ^a

Keterangan: *: berpengaruh nyata pada taraf 5%, **: berpengaruh sangat nyata pada taraf 1%, KK: koefisien keragaman, MST: minggu setelah tanam, a: data hasil transformasi $\sqrt{x} + 0,5$ sebanyak 1 kali.

Tinggi Tanaman (cm)

Variabel tinggi tanaman adalah salah satu yang digunakan untuk mengetahui laju pertumbuhan gulma yang diamati, serta indikator pertumbuhan yang mudah untuk diukur. Pada (Tabel.) 2 hasil pengamatan tinggi gulma babadotan menunjukkan bahwa perlakuan terbaik yaitu pada perlakuan P0+ , dengan tinggi gulma sebesar 2,03 cm, 2,08 cm, 1,05 cm, 1,06 cm, dan 1,06 cm. Hal ini menandakan bahwa perlakuan menggunakan herbisida kimia lebih aktif dalam menghambat pertumbuhan gulma babadotan dibandingkan dengan perlakuan menggunakan ekstrak daun pepaya. Hal tersebut terjadi karena herbisida kimia yang digunakan mengandung bahan aktif berupa bispiribak sodium 18% dan pirazosulfuron 10% yang dapat mengganggu proses fisiologis gulma. Sejalan dengan Yuska (2022) bahwa herbisida yang memiliki bahan kimia aktif seperti bispiribak sodium 18% + pirazosulfuron 10% dapat menekan pertumbuhan gulma pada budidaya padi sawah.

Sedangkan, pada semua perlakuan dengan menggunakan ekstrak daun pepaya (P1-P5) menunjukkan tinggi tanaman gulma yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan kontrol (P0-). Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanpa perlakuan, gulma dapat tumbuh dengan baik secara optimal. Terhambatnya tinggi gulma babadotan disebabkan oleh kandungan alelopati pada daun pepaya yang memiliki efek fitotoksik. Berdasarkan hasil analisis fitokimia oleh A'yun & Laily, (2015), menunjukkan bahwa daun pepaya memiliki senyawa alkaloid, triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, dan tanin. Senyawa-senyawa tersebut akan mengganggu proses mitosis, khususnya pada tahap metafase yaitu dengan cara merusak benang-benang spindle sehingga menghambat pembelahan dan pemanjangan sel. Menurut

Cahyanti, (2015) menjelaskan bahwa senyawa seperti terpenoid, flavonoid, dan fenol termasuk ke dalam senyawa alelopati yang dapat menghambat proses fisiologis tanaman yaitu pembelahan sel sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai herbisida alami. Ditambahkan pernyataan Tsafiq *et al.* (2022) bahwa senyawa yang mampu menekan pertumbuhan tinggi dan diameter batang pada suatu tanaman adalah senyawa flavonoid. Dengan demikian perlakuan dengan ekstrak daun pepaya secara nyata mampu menurunkan tinggi tanaman gulma dibandingkan perlakuan kontrol.

Pada Tabel 3, diketahui juga bahwa pada konsentrasi ekstrak daun pepaya yang lebih tinggi yaitu pada konsentrasi 60% (P4) dan konsentrasi 70% (P5) menunjukkan tinggi tanaman lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya yang menggunakan ekstrak daun pepaya. Diperkuat oleh Cahyani (2018) bahwa hambatan pada pertumbuhan tanaman diakibatkan oleh senyawa alelopati yang diaplikasikan dengan konsentrasi yang tinggi, namun pada konsentrasi yang rendah dapat memicu pertumbuhan suatu tanaman. Menurut hasil penelitian Indriastuti (2023) menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi 60% efektif menghambat pertumbuhan gulma teki tanpa menyebabkan adanya efek keracunan pada tanaman kacang hijau. Demikian dapat dikatakan bahwa konsentrasi ekstrak daun pepaya yang lebih tinggi akan berpengaruh pada tinggi gulma babadotan.

Tabel 2. Rata-rata tinggi gulma babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya.

Perlakuan	Pengamatan (MST)				
	1	2	3	4	5
P0 ⁻ (Kontrol tanpa herbisida)	2,64 ^a	2,91 ^a	3,22 ^a	3,99 ^a	4,47 ^a
P0 ⁺ (Herbisida)	2,03 ^c	2,08 ^c	1,06 ^c	1,06 ^c	1,06 ^c
P1 (30% Ekstrak)	2,46 ^{ab}	2,53 ^b	2,57 ^b	2,94 ^b	3,36 ^b
P2 (40% Ekstrak)	2,47 ^{ab}	2,63 ^{ab}	2,80 ^b	3,12 ^b	3,58 ^b
P3 (50% Ekstrak)	2,50 ^{ab}	2,73 ^{ab}	2,91 ^{ab}	3,11 ^b	3,53 ^b
P4 (60% Ekstrak)	2,40 ^{ab}	2,49 ^b	2,58 ^b	2,72 ^b	2,84 ^b
P5 (70% Ekstrak)	2,33 ^b	2,41 ^{bc}	2,58 ^b	2,77 ^b	2,89 ^b

Keterangan: Angka-angka yang memiliki huruf berbeda di dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%.

Jumlah Daun (helai)

Jumlah daun gulma babadotan dihitung sebagai variabel untuk mengetahui pertumbuhan vegetatifnya. Menurut Afida (2024) menyatakan daun merupakan salah satu bagian tanaman yang berperan penting dalam proses pembentukan makanan, oleh karena itu jumlah helaian daun perlu diamati sebagai indikator dalam menilai pertumbuhan tanaman. Berdasarkan (Tabel. 3) hasil pengamatan rata-rata jumlah daun gulma babadotan menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol (P0⁻), jumlah daun cenderung lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu sebanyak 2,82 helai, 2,92 helai, 3,22 helai, 4,77 helai, dan 5,67 helai. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tanpa perlakuan, gulma akan menghasilkan jumlah daun lebih banyak. Sebaliknya, pada perlakuan dengan menggunakan herbisida (P⁺) menunjukkan jumlah daun paling rendah yang disebabkan oleh bahan aktif bispiribak sodium. Menurut Arpiansyah *et al.* (2023), herbisida berbahan aktif bispiribak sodium dapat menghambat aktivitas enzim *Acetolactate synthase* (ALS) pada tanaman. Selanjutnya, Azari & Khoiri, (2022) menjelaskan bahwa jika enzim *Acetolactate synthase* (ALS) mengalami hambatan, maka proses sintesis asam amino dalam tumbuhan akan terganggu, kondisi tersebut dapat menyebabkan tumbuhan mengalami kekurangan asam amino yang berperan penting dalam pertumbuhan, fungsi fisiologis organ tumbuhan, serta pembentukan sel-sel yang baru. Sehingga, dapat dikatakan bahwa herbisida berbahan aktif bispiribak sodium mampu menghambat penambahan jumlah daun pada gulma babadotan dengan baik.

Sedangkan, pada perlakuan ekstrak daun pepaya (P1-P5) menunjukkan hasil yang lebih bervariasi. Pada konsentrasi ekstrak yang lebih rendah (P1: 30%), jumlah daun masih cukup tinggi hingga mendekati kontrol. Namun, perlakuan dengan konsentrasi ekstrak yang lebih tinggi pada perlakuan P4 (60% ekstrak) dan P5 (70% ekstrak), jumlah daun cenderung mengalami penurunan dibandingkan perlakuan kontrol (P0⁻). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya memiliki kemampuan untuk menekan pertumbuhan daun gulma, namun keefektifannya tergantung pada tingkat konsentrasi. Hal ini sejalan dengan pernyataan Saputri *et al.* (2023) bahwa semakin tinggi konsentrasi ekstrak daun pepaya yang diberikan, maka jumlah daun yang tumbuh akan semakin berkurang. Menurut Sutiharni *et al.* (2023), penurunan aktivitas pembelahan sel mitosis gulma diakibatkan karena adanya kandungan senyawa alelokimia pada ekstrak daun pepaya sebesar 50%. Demikian dapat dikatakan bahwa konsentrasi ekstrak daun pepaya yang lebih tinggi akan berpengaruh pada jumlah daun pada gulma babadotan.

Penurunan jumlah daun pada gulma babadotan bisa terjadi karena proses perkembangan daun terhambat, sehingga menyebabkan daun akan lebih cepat mengalami klorosis dan akhirnya rontok. Hal tersebut disebabkan karena adanya kandungan senyawa alelopati pada ekstrak daun pepaya. Menurut hasil penelitian Handayani & Azzahra (2024), hasil skrining fitokimia menunjukkan bahwa ekstrak daun pepaya mengandung senyawa alelokimia berupa alkaloid, flavonoid, tanin, dan fenolik. Madhu *et al.* (2023) menjelaskan bahwa senyawa fenolik adalah senyawa

alelokimia yang dapat mengganggu aktivitas enzim dan kegiatan fisiologis tanaman misalnya permeabilitas membran, fotosintesis, respirasi, aktivitas hormon, dan sintesis senyawa organik tanaman. Pertumbuhan tinggi pada gulma babadotan berhubungan dengan proses pembentukan daun, apabila tinggi gulma terganggu maka akan mengganggu proses pembentukan daunnya. Hal ini disebabkan karena proses berlangsung pada bagian meristem interkalar yang mempengaruhi luasan daun utama. Menurut Yohana (2019), proses pemanjangan pada ruas batang (*internode*) terjadi akibat peningkatan dan pembersaran sel, sehingga pada proses tersebut dibutuhkan aktivitas hormon giberelin. Demikian, dengan adanya pemberian ekstrak daun pepaya dapat menghambat penambahan jumlah daun gulma babadotan dengan cara mengganggu aktivitas fitohormon.

Tabel 3. Rata-rata jumlah daun babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya.

Perlakuan	Pengamatan (MST)				
	1	2	3	4	5
P0 ⁻ (Kontrol tanpa herbisida)	2,82 ^a	2,92 ^a	3,22 ^a	4,77 ^a	5,67 ^a
P0 ⁺ (Herbisida)	2,55 ^b	2,55 ^b	1,17 ^b	1,17 ^c	1,16 ^c
P1 (30% Ekstrak)	2,64 ^{ab}	2,82 ^a	2,91 ^a	3,24 ^b	3,53 ^b
P2 (40% Ekstrak)	2,73 ^{ab}	2,82 ^a	2,90 ^a	3,23 ^b	3,46 ^b
P3 (50% Ekstrak)	2,55 ^b	2,92 ^a	2,99 ^a	3,38 ^b	3,60 ^b
P4 (60% Ekstrak)	2,55 ^b	2,82 ^a	2,82 ^a	2,99 ^b	3,14 ^b
P5 (70% Ekstrak)	2,55 ^b	2,73 ^{ab}	2,82 ^a	3,07 ^b	3,16 ^b

Keterangan: Angka-angka yang memiliki huruf berbeda di dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%.

Panjang Akar (cm)

Akar adalah salah satu organ penting yang berperan untuk menopang tubuh tanaman, sehingga dapat melakukan aktivitas fisiologi dengan baik. Menurut Syukriah & Pranggarani, (2016), secara umum akar memiliki peran utama sebagai organ yang menyerap air, mengalirkan nutrisi serta mineral dari dalam tanah, dan berfungsi untuk menjaga kestabilan tanaman ditempat tumbuhnya. Panjang akar gulma babadotan diukur dengan menggunakan penggaris dimulai dari akar primer hingga pangkal akar. Berdasarkan (Tabel. 4) terlihat bahwa pada perlakuan kontrol (P0⁻) menghasilkan panjang akar tertinggi sebesar 3,74 cm, yang berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanpa adanya gangguan, gulma babadotan mampu tumbuh dengan baik. Sebaliknya, perlakuan dengan herbisida (P0⁺) memberikan hasil paling rendah dengan panjang akar sebesar 0,96 cm yang menunjukkan adanya hambatan pada pertumbuhan akar yang disebabkan oleh herbisida kimia. Menurut Rasyid *et al.* (2022) menyatakan bahwa herbisida bispiribak sodium adalah salah satu herbisida pasca tumbuh yang memiliki tingkat keefektifan cukup tinggi dalam mengendalikan bermacam-macam gulma rumput, teki-teki, dan gulma berdaun lebar sekitar tanaman padi.

Tabel 4. Rata-rata panjang akar gulma babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya

Perlakuan (Konsentrasi)	Panjang Akar
P0 ⁻ (Kontrol tanpa herbisida)	3,74 ^a
P0 ⁺ (Herbisida)	0,96 ^c
P1 (30% Ekstrak)	2,85 ^b
P2 (40% Ekstrak)	2,78 ^b
P3 (50% Ekstrak)	2,68 ^b
P4 (60% Ekstrak)	2,42 ^b
P5 (70% Ekstrak)	2,42 ^b

Keterangan: Angka-angka yang memiliki huruf berbeda di dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%.

Pada pemberian ekstrak daun pepaya mulai dari konsentrasi 30% (P1) hingga konsentrasi 70% (P5) menunjukkan efek penghambatan terhadap panjang akar gulma, meskipun tidak seefektif herbisida kimia. Nilai panjang akar pada seluruh perlakuan ekstrak daun pepaya berada dalam kisaran 2,42 cm hingga 2,85 cm. Hambatan yang terjadi pada gulma babadotan diakibatkan karena adanya senyawa alelopati di dalam daun pepaya seperti alkaloid, triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, tanin, dan fenol yang dapat mengganggu proses fisiologi tanaman seperti penyerapan air dan hara serta aktivitas enzim. Menurut penelitian Yulifrianti *et al.* (2015), efek alelopati yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman, khususnya melalui gangguan pada sistem perakaran. Senyawa fenol yang

terdapat pada ekstrak daun pepaya dapat mengganggu jalur transportasi hormon auksin dari bagian pucuk ke akar serta dapat menghambat pembentukan hormon sitokinin di akar. Hal tersebut sejalan dengan Khairunnisa *et al.* (2018) bahwa senyawa alelopati seperti fenol diketahui dapat mengganggu proses pembelahan sel pada akar, serta berpotensi merusak kerja hormon yang penting seperti auksin dan sitokinin yang berperan dalam pertumbuhan tanaman. Selain itu, menurut Adin *et al.* (2017), bahwa senyawa alelopati seperti terpenoid, flavonoid, dan fenol yang terserap oleh akar tanaman dapat mengganggu proses pembentukan akar baru, gangguan terjadi karena senyawa tersebut dapat menghambat pembelahan sel di bagian meristem apeks akar, yang merupakan pusat pertumbuhan akar. Sehingga dapat dikatakan bahwa senyawa alelopati, terutama fenol dan senyawa sekunder lainnya yang terdapat dalam daun pepaya, mampu mengganggu proses fisiologi gulma khususnya dalam menghambat sistem perakaran.

Berat Basah (g)

Variabel berat basah memiliki peran penting dalam penelitian ini, karena dapat digunakan sebagai indikator untuk mengetahui pertumbuhan dan perkembangan gulma setelah mendapatkan perlakuan, baik yang bersifat alami ataupun kimiawi. Menurut Widyatami (2023), berat basah adalah berat awal atau berat segar tanaman sebelum dilakukan pengeringan. Berdasarkan hasil analisis analisis ragam pada (Tabel. 5), konsentrasi ekstrak daun pepaya menunjukkan hasil berpengaruh sangat nyata terhadap berat basah gulma babadotan pada minggu ke-1 hingga minggu ke-5 setelah tanam. Pada perlakuan kontrol ($P0^-$) memiliki rata-rata berat basah tertinggi yaitu 1,1552 g, sedangkan perlakuan herbisida ($P0^+$) menunjukkan berat basah terendah, yaitu 0,7157 g. Hal ini menunjukkan tingginya tingkat efektivitas herbisida dalam menekan pertumbuhan gulma.

Rendahnya berat basah gulma babadotan pada perlakuan $P0^+$ disebabkan oleh kandungan senyawa kimia berupa bispiribak sodium dan pirazosulfuron yang mampu menghambat sintesis protein pada gulma. Menurut Kurniadie *et al.* (2020), penghambatan enzim *Acetolactate synthase* (ALS) berdampak pada terganggunya proses sintesis protein dalam tubuh gulma, yang mengakibatkan ketidakseimbangan fungsi fisiologis dan menyebabkan stres pada gulma yang berujung mati. Selain itu, menurut Simanjuntak *et al.* (2016), bahwa pemberian herbisida pirazosulfuron etil 10% dapat menghambat sintesis protein dan metabolisme asam amino, selain itu bahan aktif tersebut bersifat sistemik yang akan akan bergerak dari daun bersamaan dengan proses metabolisme dan akan masuk ke dalam jaringan gulma sasaran. Demikian, perlakuan dengan menggunakan herbisida ($P0^+$) memiliki tingkat efektivitas lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan dengan menggunakan ekstrak daun pepaya, karena mengandung bahan aktif yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan gulma sehingga berpengaruh pada berat basahnya.

Pada pemberian ekstrak daun pepaya mulai dari konsentrasi 30% (P1) hingga konsentrasi 70% (P5) menunjukkan adanya penurunan berat basah dibandingkan perlakuan kontrol ($P0^-$), walaupun belum seefektif herbisida kimia. Menurut Kurniawan *et al.* (2019), bahwabanyaknya kandungan air dalam tumbuhan akan mempengaruhi tingginya nilai berat basah. Ekstrak dengan konsentrasi 30% hingga 50% (P1-P3) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata satu sama lain, dengan nilai rata-rata berat basah berkisar antara 0,9178 g hingga 0,9323 g. Sementara, ekstrak daun pepaya dengan konsentrasi 60% dan 70% (P4 dan P5) menunjukkan hasil yang mendekati perlakuan menggunakan herbisida ($P0^+$), dengan nilai rata-rata berat basah masing-masing 0,7996 g dan 0,7975 g. Hal ini disebabkan karena adanya hambatan oleh senyawa alelopati pada proses penguapan dan pengangkutan air oleh gulma sehingga fotosintesis menjadi terganggu. Hal ini sejalan dengan Novitasari *et al.* (2024) yang menjelaskan bahwa apabila terjadi hambatan pada proses pengangkutan air maka akan menurunkan fungsi sel akar dalam menyerap ion-ion dari tanah, sehingga pertumbuhan vegetatif gulma akan terganggu dan mengakibatkan adanya penurunan bobot basah gulma. Selain itu, penurunan berat basah gulma babadotan diakibatkan karena adanya kerusakan struktur membran oleh senyawa fenol dalam ekstrak daun pepaya. Menurut Yulifrianti *et al.* (2015), senyawa fenol memiliki potensi merusak gugus fosfat yang terdapat pada fosfolipid dalam membran sel menyebabkan fosfolipid terurai menjadi asam karbositat, asam fosfat, dan gliserol, sehingga mengakibatkan berbagai zat penyusun serta metabolit penting keluar dari dalam sel yang dapat mengganggu fungsi sel secara keseluruhan.

Tabel 5. Rata-rata berat basah gulma babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya.

Perlakuan (konsentrasi)	Berat basah
$P0^-$ (Kontrol tanpa herbisida)	1,1522 ^a
$P0^+$ (Herbisida)	0,7157 ^c
P1 (30% Ekstrak)	0,9323 ^b
P2 (40% Ekstrak)	0,9178 ^b
P3 (50% Ekstrak)	0,9277 ^b
P4 (60% Ekstrak)	0,7996 ^c
P5 (70% Ekstrak)	0,7975 ^c

Keterangan: Angka-angka yang memiliki huruf berbeda di dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) 5%.

Selain itu, berdasarkan (Tabel.5) menunjukkan bahwa pada konsentrasi tinggi, ekstrak daun pepaya mulai menunjukkan potensinya dalam menghambat gulma babadotan. Menurut Widyatami (2023), ekstrak daun pepaya dewasa dengan konsentrasi 100% memberikan pengaruh cukup besar terhadap penurunan berat basah bayam duri; hal ini terjadi karena pada perlakuan tersebut tingkat kerusakan daun lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi rendah, kerusakan yang terjadi pada daun akan menghambat proses metabolisme sel sehingga pertumbuhan gulma menjadi terganggu dan berat basahnya menjadi lebih rendah. Dengan demikian, peningkatan konsentrasi ekstrak daun pepaya berpotensi meningkatkan efektivitasnya sebagai bioherbisida dalam mengendalikan pertumbuhan gulma babadotan secara lebih maksimal.

Berat Kering (g)

Berat kering merupakan nilai yang diambil dari berat suatu tanaman setelah dilakukan proses pengeringan. Berdasarkan hasil penelitian pada (Tabel. 6) menunjukkan bahwa pemberian ekstrak daun pepaya dengan berbagai konsentrasi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap berat kering gulma babadotan. Perlakuan kontrol ($P0^-$) menghasilkan berat kering tertinggi, sebesar 0,7573 g. Sementara, berat kering terendah didapatkan pada perlakuan dengan herbisida ($P0^+$), sebesar 0,7089 g. Menurut Widayat *et al.* (2021), adanya kandungan herbisida kimia dalam jaringan tumbuhan akan mengakibatkan terhambatnya proses pertumbuhan dan perkembangan gulma. Selain itu, menurut Purnomo dan Hasjim (2020), herbisida dengan kandungan pirazosulfuron efektif dalam menghambat gulma berdaun lebar dan teki-teki. Demikian dapat dikatakan bahwa herbisida dengan bahan aktif *pirazosulfuron* dapat mengakibatkan penurunan berat kering pada gulma babadotan.

Pemberian ekstrak daun pepaya pada berbagai konsentrasi (30%-70%) cenderung menurunkan berat kering gulma dibandingkan kontrol (0%). Menurut Talahatu dan Papilaya (2015), berat kering tanaman adalah hasil dari penumpukan fotosintat yang dalam pembentukannya membutuhkan unsur hara, air, CO_2 dan cahaya matahari. Penurunan berat kering pada gulma babadotan diakibatkan oleh kandungan senyawa alelopati pada ekstrak daun pepaya yang mampu menghambat penyerapan air pada proses fotosintesis. Hal ini sejalan dengan Cahyani (2018) bahwa zat alelopati mempunyai kemampuan dalam menghambat pertumbuhan tanaman dengan cara menurunkan permeabilitas membran sel, mengganggu proses pembelahan, pemanjangan, dan pembesaran sel, serta mengurangi kemampuan suatu tanaman dalam menyerap air. Septiani *et al.* (2019) menyatakan bahwa menurunnya kemampuan tanaman dalam melakukan fotosintesis dapat mengurangi laju pembentukan bahan organik, dan akhirnya akan berdampak pada penurunan berat kering tanaman secara keseluruhan. Hal tersebut mengindikasikan adanya penurunan berat kering pada gulma babadotan yang diakibatkan oleh pengaplikasian ekstrak daun pepaya meskipun keefektifannya tidak sebaik dengan menggunakan herbisida kimia.

Tabel 6. Rata-rata berat kering gulma babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya.

Perlakuan (Konsentrasi)	Berat Kering
$P0^-$ (Kontrol tanpa herbisida)	0,7573 ^a
$P0^+$ (Herbisida)	0,7089 ^c
P1 (30% Ekstrak)	0,7289 ^{bc}
P2 (40% Ekstrak)	0,7334 ^b
P3 (50% Ekstrak)	0,7269 ^{bc}
P4 (60% Ekstrak)	0,7183 ^{bc}
P5 (70% Ekstrak)	0,7199 ^{bc}

Keterangan: Angka-angka yang memiliki huruf berbeda di dalam satu kolom menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada tingkat kepercayaan 5%.

Fitotoksisitas (%)

Fitotoksisitas merupakan salah satu yang menunjukkan potensi dari bioherbisida untuk dapat menimbulkan efek keracunan pada tanaman ditandai dengan perubahan warna daun setelah diberi perlakuan bioherbisida. Menurut Adawiah (2018), fitotoksisitas pada tanaman dapat dipicu oleh pemberian senyawa alelopati yang menyebabkan berbagai gejala, seperti daun menguning, jaringan tanaman mengalami kematian (nekrosis), bentuk tanaman tidak normal (malformasi), daun rontok, serta terganggunya pertumbuhan tanaman secara keseluruhan.

Berdasarkan (Tabel. 7) hasil pengamatan yang dilakukan secara deskriptif menunjukkan bahwa pada perlakuan kontrol ($P0^-$), perlakuan konsentrasi ekstrak daun pepaya 30% (P1), perlakuan konsentrasi ekstrak daun pepaya 40% (P2), dan perlakuan herbisida ($P0^+$), terlihat adanya perbedaan yang signifikan. Perlakuan $P0^-$, P1 dan P2 tidak menunjukkan adanya gejala fitotoksistas (0%) karena nilai skoring adalah 0, artinya tidak ada efek keracunan gulma. Sedangkan, perlakuan $P0^+$ memberikan efek paling tinggi yaitu sebesar 92,5% dengan skor fitotoksisitas 4, artinya tingkat keracunan gulma termasuk kategori berat. Menurut Guntoro *et al.* (2020), herbisida kimia mengandung bahan aktif yang dapat mempermudah dan mempercepat proses kematian gulma, namun bahan aktif tersebut akan

meninggalkan residu di dalam tanah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa herbisida kimia yang diberikan dapat menimbulkan keracunan signifikan pada gulma babadotan.

Pada perlakuan ekstrak daun pepaya pada konsentrasi 50% (P3), terlihat adanya aktivitas fitotoksik meskipun belum mencapai tingkat kerusakan yang diharapkan. Sedangkan, perlakuan ekstrak daun pepaya pada konsentrasi 60% ekstrak (P4) dan 70% ekstrak (P5) menunjukkan efek yang lebih nyata, ditunjukkan oleh nilai fitotoksisitas masing-masing sebesar 13,75% dan 17,5% dengan skor 2 artinya tingkat keracunan gulma termasuk kategori sedang. Hal tersebut mengindikasikan adanya efek keracunan pada gulma babadotan ditandai dengan bagian daun yang mengalami perubahan warna menjadi kehitaman, layu, mengering hingga akhirnya gulma menjadi mati. Gejala tersebut disebabkan oleh senyawa alelokimia pada ekstrak daun pepaya yang dapat merusak sel-sel dalam gulma babadotan, sehingga fungsi fisiologis tumbuhan menjadi rusak. Menurut Nugroho *et al.* (2022) gangguan fisiologis dapat terjadi ketika proses penyerapan air, transformasi makanan, dan unsur hara terganggu, serta ketika aktivitas daun mengalami gangguan atau kerusakan. Nugroho & Salim (2023) menjelaskan bahwa aktivitas daun dapat terhambat karena adanya senyawa herbisida alami yang diserap oleh tanaman melalui serapan akar atau masuk ke dalam stomata, akhirnya mengganggu proses fotosintesis.

Kandungan senyawa alelopati berupa tanin, flavonoid, dan fenol pada ekstrak daun pepaya menjadi penyebab keracunan pada daun gulma babadotan. Menurut Kusumaningsih (2022) bahwa senyawa tanin dan flavonoid pada bioherbisida mengakibatkan terjadinya keracunan pada gulma, khususnya pada bagian daun. Selaun itu sejalan dengan Pratama *et al.* (2024), menjelaskan bahwa senyawa alelopati berupa fenol yang diserap oleh tanaman memiliki sifat racun dan yang dapat menyebabkan efek keracunan pada tanaman berupa kelayuan hingga kematian. Demikian pengaplikasian ekstrak daun pepaya pada konsentrasi yang lebih tinggi menunjukkan efek racun untuk menghambat gulma babadotan, meskipun tidak seefektif pengaplikasian dengan menggunakan herbisida kimia. Menurut Widyatami (2023), pada fitotoksisitas dengan perlakuan ekstrak daun pepaya dewasa memberikan dampak kerusakan paling berat pada gulma bayam duri dengan konsentrasi ekstrak 100%.

Tabel 7. Skoring fitotoksisitas gulma babadotan terhadap pemberian ekstrak daun pepaya

Perlakuan	Nilai (%)	Skoring Fitotoksisitas
P0 ⁻ (Kontrol tanpa herbisida)	0	0
P0 ⁺ (Herbisida)	92,5	4
P1 (30% Ekstrak)	0	0
P2 (40% Ekstrak)	0	0
P3 (50% Ekstrak)	2,5	0
P4 (60% Ekstrak)	13,75	2
P5 (70% Ekstrak)	17,5	2

Keterangan: 0 = Tidak terjadi keracunan (keracunan 0-5%), 1 = Keracunan ringan (keracunan 6-10%), 2 = Keracunan sedang (keracunan 11-20%), 3 = Keracunan berat (keracunan 21-50%), dan 4 = Keracunan sangat berat (keracunan >50%).

Senyawa alelopati pada tumbuhan bisa terbentuk di berbagai bagian tanaman, seperti akar, batang, daun, bunga, maupun biji. Setiap spesies tanaman memiliki organ penghasil dan jenis senyawa alelopati yang berbeda-beda. Umumnya, senyawa alelopati termasuk ke dalam metabolit sekunder yang diklasifikasikan ke dalam 14 golongan, diantaranya meliputi asam organik yang terlarut dalam air, lakton, asam lemak rantai panjang, kuinon, terpenoid, flavonoid, tanin, asam sinamat beserta turunannya, asam benzoat dan derivatnya, kumarin, fenol dan asam fenolat, asam amino non protein, senyawa sulfida, serta nukleosida (Qu *et al.*, 2021). Sedangkan pada daun pepaya senyawa alelopati terdiri atas alkaloid, triterpenoid, steroid, flavonoid, saponin, tanin, dan fenol. Darmanti (2018) hampir semua metabolit sekunder memiliki aktivitas alelopatik, namun senyawa fenol dan terpenoid dikenal sebagai dua golongan utama yang paling berperan dalam proses alelopati. Dari hasil pengamatan terlihat bahwa zat alelopati yang terdapat di dalam ekstrak daun pepaya berpengaruh sangat nyata pada pertumbuhan gulma babadotan. Perbedaan tersebut terdapat pada bobot basah gulma.

Penurunan bobot basah gulma menunjukkan bahwa pertumbuhannya mengalami hambatan. Penurunan bobot basah tersebut disebabkan oleh gangguan pada proses penyerapan air, fotosintesis, dan penyerapan nutrisi. Ketika pertumbuhan vegetatif gulma melambat maka nilai bobot basah menjadi lebih rendah. Gangguan tersebut berkaitan dengan kerusakan pada struktur membran sel, yang dipicu oleh adanya senyawa fenol dalam ekstrak daun pepaya. Menurut Siregar (2019), menjelaskan bahwa senyawa fenol bekerja dengan merusak fosfolipid pada membran sel, sehingga menyebabkan komponen penyusun sel dan metabolit keluar dari dalam sel. Ditambahkan oleh Sari *et al.* (2018) bahwa senyawa fenol dapat memperlambat pertumbuhan tanaman dan menyebabkan kerusakan jaringan, hal tersebut terjadi karena senyawa tersebut mampu meningkatkan permeabilitas membran sel, sehingga isi sel keluar dan memicu terjadinya peroksidasi lipid. Selain itu, menurut Muhammad *et al.* (2021) penurunan pertumbuhan dan

perkembangan tanaman terjadi karena proses pembelahan sel dan fotosintesis terganggu, yang disebabkan oleh kerusakan pada sel klorofil.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa ekstrak daun pepaya (*C. papaya* L.) menunjukkan efektivitas sebagai bioherbisida dalam menghambat pertumbuhan gulma babadotan (*A. conyzoides* L.) dibandingkan dengan perlakuan kontrol tanpa bioherbisida. Pemberian ekstrak daun pepaya pada konsentrasi 60% dan 70% (P4 dan P5) berpengaruh sangat nyata menurunkan berat basah, serta memberikan pengaruh peningkatan fitotoksisitas terhadap babadotan, yaitu sebesar 13,35% dan 17,5%.

DAFTAR PUSTAKA

- A'yun, Q., & Laily, A. N. (2015). Analisis fitokimia daun pepaya (*Carica papaya* L.) di Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang Dan Umbi, Kendalpayak, Malang. Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam. 1(1), 134–137.
- Adin, Wardoyo, Pancaning, Rusmiyanto, E., & Mukarlina. (2017). Potensi ekstrak gulma daun sembung rambat (*Mikania micrantha* H. B. K) sebagai bioherbisida pengendali gulma putri malu. *Protobiont*. 6(1), 10–14. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jprb/article/view/18144>.
- Afida, A. (2024). Efektivitas ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai bioherbisida dalam mengendalikan gulma bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.). Skripsi. Universitas Islam Negeri Walisongo. Semarang.
- Arie, I. Z., Prasetyo, J., & Efri, E. (2015). Pengaruh ekstrak alang-alang, babadotan dan teki terhadap penyakit antraknosa pada buah pisang kultivar Cavendish. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(2), 251–256. <https://doi.org/10.23960/jat.v3i2.2008>.
- Arpiansyah, E., Mawandha, H. G., & Tarmadja, S. (2023). Efektivitas beberapa herbisida sistemik dan perlakuan pembabatan terhadap gulma *Scleria sumatrensis* di kebun kelapa sawit. *Agroforetech*. 1(3), 1499–1504. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/879>.
- Azari, D. F. F., & Syaiful Khoiri. (2022). Efektivitas herbisida berbahan aktif 2,4 - D dimetil amina terhadap gulma tanaman kakao menghasilkan di PTPN XII kebun Kendenglembo, Banyuwangi. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*. 3(1), 557–565. <https://doi.org/10.47687/snppvp.v3i1.339>.
- Cahyani, N. (2018). Pengaruh ekstrak alang-alang (*Imperata cylindrica* L.) terhadap pertumbuhan tanaman *Ageratum conyzoides* L. Skripsi. Universitas Islam Negeri Raden Intan. Lampung.
- Cahyanti, L. D. (2015). Pemanfaatan serasah daun bambu (*Dendrocalamus asper*) sebagai bioherbisida pengendali gulma yang ramah lingkungan. *Gontor Agrotech Science Journal*. 2(1), 16-19. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v2i1.293>.
- Darmanti, S. (2018). Interaksi alelopati dan senyawa alelokimia: potensinya sebagai bioherbisida. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 3(2), 181-187. <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/baf/article/view/4055>.
- Handayani, C. E. K., Azzahra, F.. (2024). Penetapan rendemen dan kandungan kimia ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) berdasarkan perbedaan konsentrasi pelarut. *Majalah Farmaseutik*. 20(4), 447–453. <https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v20i4.79153>.
- Guntoro, S., & Damanik, R. S. (2020). Pengaruh aplikasi herbisida sistemik berbahan aktif glifosat terhadap tingkat kematian gulma dan total mikroorganisme tanah. *Jurnal Agrohita: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 5(1). 66–75. <http://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/agrohita>.
- Hastuti, D. (2021). Pengendalian gulma jajagoan (*Echinochloa crus-galli*) dengan herbisida nabati dari ekstrak daun tembelekan (*Lantana camara*). *Jurnal Ilmu Pertanian Tirtayasa*, 3(2). 327–338. <https://doi.org/10.33512/jipt.v3i2.13739>.
- Indriastuti, A. R. (2023). Efektivitas ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) untuk mengendalikan gulma teki (*Cyperus rotundus* L.) dan pengaruhnya terhadap kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Skripsi. Universitas Siliwangi. Tasikmalaya.
- Khairunnisa, K., Indriyanto, I., & Riniarti, M. (2018). Potensi ekstrak daun ketapang, mahoni, dan kerai payung sebagai bioherbisida terhadap *Cyperus rotundus* L. *EnviroSciencetea*. 14(2), 106-113. <https://doi.org/10.20527/es.v14i2.5473>.
- Kurniadie, D., Sumekar, Y., & Tajudin, M. I. (2020). Herbisida natrium bispiribak dosis rendah terbukti efektif mengendalikan gulma pada sistem tanam benih langsung padi. *Kultivasi*. 19(2), 1126–1134. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i2.25708>.
- Kurniawan, A., Yulianty, Y., & Nurcahyani, E. (2019). Uji potensi bioherbisida ekstrak daun mahoni (*Swietenia mahagoni* (L.) Jacq) terhadap pertumbuhan gulma mamon ungu (*Cleome rutidosperma* D.C.). *Biosfer: Jurnal Tadris Biologi*. 10(1), 39–46. <https://doi.org/10.24042/biosfer.v10i1.4232>.
- Kusumaningsih, K. R. (2022). Uji efektivitas beberapa jenis tanaman perpotensi bioherbisida untuk mengendalikan gulma babadotan (*Ageratum conyzoides*). *Hutan Tropika*. 16(2), 215–223. <https://doi.org/10.36873/jht.v16i2.3596>.
- Madhu, B., Reddy, B. B., Lalrinfela, T., Chandravanshi, M., & Naveen, A. (2023). *Recent Approaches in Agriculture (1st ed.)*. Integrated Publications. New Delhi.
- Muhammad, I., Shalmani, A., Ali, M., Yang, Q. H., Ahmad, H., & Li, F. B. (2021). *Mechanisms Regulating the Dynamics of Photosynthesis Under Abiotic Stresses*. *Frontiers in Plant Science*. 11, 1–25. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.615942>.
- 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. <https://doi.org/10.58466/jap.v3i1.1521>.
- Nugroho, S. A., & Salim, A. (2023). Pengaruh herbisida nabati untuk menekan pertumbuhan gulma *Tridax procumbens* pada kebun jeruk. *Jurnal Biosense*. 6(2), 255–264. <https://doi.org/10.36526/biosense.v6i02.3370>.
- Nugroho, S. A., Setyoko, U., Fatimah, T., & Novenda, I. L. (2022). Pengaruh alelopati tanaman gamal (*Glericida manuculata*) dan kirinyuh (*Eupatorium odoratum*) terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata*). *Agropross : National Conference*

- Proceedings of Agriculture*. 180–188. <https://doi.org/10.25047/agropross.2022.287>.
- Pratama, A. S. G., Kusuma, S. I., Nuraisyah, A., & Setyoko, U. (2024). Pengaruh bioherbisida ekstrak daun ketapang (*Terminalia cattapa* L.) pada gulma teki (*Cyperus rotundus*). In *Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*. 137-147. <https://proceedings.poliye.ac.id/index.php/agropross/article/view/683>.
- Purnomo, W. E., & Hasjim, S. (2020). Efektivitas dan selektivitas beberapa bahan aktif herbisida untuk mengendalikan gulma pada dua varietas tanaman kacang panjang (*Vigna sesquipedalis* L.). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropis*. 1(2), 48-54. <https://doi.org/10.19184/jptt.v1i2.17917>.
- Qu, T., Du, X., Peng, Y., Guo, W., Zhao, C., & Losapio, G. (2021). *Invasive species allelopathy decreases plant growth and soil microbial activity*. *PLoS one*. 16(2), 1-12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246685>.
- Rana, D. C. E., Rondonuwu, S., & Koneri, R. (2020). Pemberian ekstrak daun kiara payung (*Filicium decipiens* (Wight dan Arn.) Thwaites) sebagai bioherbisida terhadap pertumbuhan gulma babadotan (*Ageratum conyzoides* L.). *Jurnal Bios Logos*. 11(2), 41-47. <https://doi.org/10.35799/jbl.11.2.2020.28153>.
- Rasyid, Z. Z., Kurniadie, D., & Umiyati, U. (2022). Uji resistensi gulma *Echinochloa crus-galli* asal Sulawesi Selatan terhadap herbisida natrium bispiribak. *Agrikultura*. 33(3), 296. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.40049>.
- Rozaqi, A., & Sebayang, H. T. (2022). Pengaruh pengendalian gulma terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang putih (*Allium sativum* L.). *Produksi Tanaman*. 10(10), 590–597. <https://doi.org/10.21776/ub.protan.2022.010.10.08>.
- Safarni, P. T., Tima, M. T., & Wahyuni, S. (2023). Analisis vegetasi gulma pada perlakuan olah tanah tanaman ubi kayu nuabosi. *Agrica*. 15(2), 161–176. <https://doi.org/10.37478/agr.v15i2.2309>.
- Saputri, A., Damayanti, F., & Yulistiana, Y. (2023). Potensi ekstrak daun pepaya sebagai biopestisida hama ulat grayak pada tanaman kangkung darat. *Biological Science and Education Journal*. 3(1), 25-32. <https://doi.org/10.30998/edubiologia.v3i1.15796>.
- Sari, V. I., & Jainal, R. (2020). Uji efektivitas ekstrak babdotan (*Ageratum conyzoides*) sebagai bioherbisida terhadap perkecambahan kacang hijau (*Vigna radiata*). *Jurnal Pertanian Presisi*. 4(1), 18–28. <https://doi.org/10.35760/jpp.2020.v4i1.2802>.
- Septiani, D., Hastuti, E. D., & Darmanti, S. (2019). Efek alelokimia ekstrak daun babadotan (*Ageratum Conyzoides* L.) terhadap kandungan pigmen fotosintetik dan pertumbuhan gulma rumput belulang (*Eleusine indica* (L.) Gaertn). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. 4(1), 1–7. <https://doi.org/10.14710/baf.4.1.2019.1-7>.
- Simanjuntak, R., Wicaksono, K. P., & Tyasmoro, Y. T. (2016). Pengujian efikasi herbisida berbahan aktif pirazosulfuron etil 10% untuk penyiangan pada budidaya padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(1), 31-39. <https://doi.org/10.21176/protan.v4i1.257>.
- Siregar, B. H. (2019). Potensi ekstrak daun pinus (*Pinus merkusii*) Sebagai bioherbisida terhadap gulma teki (*Cyperus rotundus* L.). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Sutharni, S., Hasfiah, H., Rumainum, I. M., Setiawan, R. B., Rahmawati, A., Wahyuni, S., Lewu, L. D., Dwimartina, F., Martanto, E. A., & Saputri, F. R. (2023). *Ilmu Gulma*. GetPress Indonesia. Padang.
- Sastroutomo. 1990. *Ekologi Gulma*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Syukriah, F., & Pranggarani, L. (2016). Implementasi teknologi *augmented reality* pada pembuatan organologi tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Fifo*. 8(1), 15-21. <https://doi.org/10.22441/fifo.v8i1.1297>.
- Talahu, D. R., & Papilaya, P. M. (2015). Pemanfaatan ekstrak daun cengkeh (*Syzygium aromaticum* L.) sebagai herbisida alami terhadap pertumbuhan gulma rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). *BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan Dan Terapan*. 1(2), 160–170. <https://doi.org/10.30598/biopendixvol1issue2page160-170>.
- Tsaqif, M. S., Husna, R., & Erida, G. (2022). Bioaktivitas ekstrak metanol alang-alang (*Imperata cylindrica* L.) terhadap pertumbuhan gulma bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(2), 1–7. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i2.19872>.
- Umiyati, U., Widayat, D., & Siregar, M. S. (2018). Pengaruh berbagai jenis herbisida dan dosis herbisida terhadap gulma pada tanaman karet (*Hevea brasiliensis*) belum menghasilkan. *Logika*. 22(3), 1–13. <https://ejournalugj.com/index.php/logika/article/view/2014>.
- Waliden, R. (2016). Uji ekstrak daun tembelekan (*Lantana camara*) sebagai bioherbisida terhadap pertumbuhan gulma jajagoan (*Echinochloa crus-galli*). Skripsi. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten.
- Widayat, D., Sumekar, Y., & Yuwariah, Y. (2021). Efektivitas herbisida pirazosulfuron etil terhadap gulma serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan*. 9(1), 20–29. <https://doi.org/10.31949/agrivet.v9i1.1148>.
- Widyatami, Y. P. (2023). Efektivitas ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) sebagai bioherbisida dalam mengendalikan gulma bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.). Skripsi. Universitas Islam Negeri Walisongo. Semarang.
- Yohana, S. P. (2019). Pengaruh ekstrak serasah daun mangga (*Mangifera indica* L. var. Arumanis) pada gulma bayam duri (*Amaranthus spinosus* L.). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Yulifrianti, E., Linda, R., & Lovadi, I. (2015). Potensi alelopati ekstrak serasah daun mangga (*Mangifera indica* (L.)) terhadap pertumbuhan gulma rumput grinting (*Cynodon dactylon* (L.). *Press. Jurnal Protobiont*. 4(1), 46–51. <https://doi.org/10.26418/protobiont.v4i1.8719>.
- Yuska A. (2022). Efikasi herbisida bispiribak sodium 18% + pirazosulfuron 10% terhadap gulma pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). Skripsi. Universitas Andalas. Padang.