

**EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF
BENTAZON DAN MCPA TERHADAP GULMA *Ludwigia octovalvis*,
Leptochloa chinensis, DAN *Fimbristylis miliacea***

(Skripsi)

Oleh

**KARINA DIAN NOVITA SARI
2014161046**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF BENTAZON DAN MCPA TERHADAP GULMA *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa chinensis*, DAN *Fimbristylis miliacea*

Oleh

KARINA DIAN NOVITA SARI

Pencampuran dua atau lebih bahan aktif herbisida dapat menjadi solusi yang dilakukan untuk memperluas spektrum pengendalian gulma, menekan munculnya gulma yang resisten terhadap herbisida, dan menurunkan biaya produksi. Pencampuran bahan aktif herbisida dapat bersifat sinergis, aditif, atau antagonis dengan bahan aktif lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efikasi dan sifat campuran herbisida dengan bahan aktif bentazon dan MCPA apakah bersifat sinergis, antagonis, atau aditif. Penelitian ini dilakukan di Desa Tempuran, Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah dan Laboratorium Ilmu Gulma Fakultas Pertanian, Universitas Lampung mulai dari bulan Juli hingga Agustus 2024. Penelitian ini disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan herbisida tunggal bentazon (200, 400, 800, 1.600 g/ha), MCPA (30, 60, 120, 240 g/ha), dan campuran herbisida bentazon + MCPA (230, 460, 920, dan 1.840 g/ha), dan tanpa perlakuan herbisida sebagai kontrol dengan 4 ulangan. Gulma uji terdiri dari tiga golongan gulma yang berbeda yaitu golongan daun lebar (*Ludwigia octovalvis*), golongan rumput (*Leptochloa chinensis*), dan golongan teki (*Fimbristylis miliacea*). Analisis sifat herbisida campuran dilakukan dengan metode MSM (*Multiplicative Survival Model*) untuk menentukan LD₅₀ perlakuan dan harapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencampuran dua bahan aktif herbisida bentazon dan MCPA efektif untuk mengendalikan gulma *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa chinensis*, dan *Fimbristylis miliacea* yang memiliki nilai LD₅₀ harapan sebesar 124 g/ha dan LD₅₀ perlakuan sebesar 73,81 g/ha dengan nilai ko-toksistas sebesar 1,68 (>1) sehingga campuran herbisida berbahan aktif bentazon dan MCPA bersifat sinergis.

Kata kunci : bentazon, MCPA, LD₅₀, MSM (*Multiplicative Survival Model*)

**EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF
BENTAZON DAN MCPA TERHADAP GULMA *Ludwigia octovalvis*,
Leptochloa chinensis, DAN *Fimbristylis miliacea***

Oleh

Karina Dian Novita Sari

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

**: EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN
HERBISIDA BERBAHAN AKTIF
BENTAZON DAN MCPA TERHADAP
GULMA *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa
chinensis*, DAN *Fimbristylis miliacea***

Nama Mahasiswa

: Karina Dian Novita Sari

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2014161046

Jurusan

: Agronomi dan Hortikultura

Fakultas

: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P.
NIP 197512172005011004



Ir. Dad Resiworo Jekti Sembodo, M.S.
NIP 196204221986031001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura

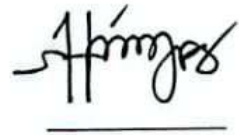


Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

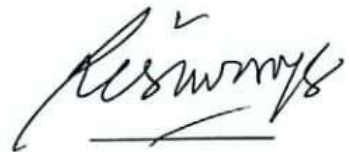
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

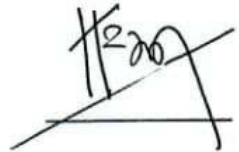
Ketua : Dr. Hidayat Puji Siswanto, S.P., M.P.



Sekretaris : Ir. Dad Resiworo Jekti Sembodo, M.S.



Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Herry Susanto, M.P.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
IP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 01 Juli 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **"EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF BENTAZON DAN MCPA TERHADAP GULMA *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa chinensis*, DAN *Fimbristylis miliacea*"** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2025

Penulis



Karina Dian Novita Sari
2014161046

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 23 November 2001. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Miskam dan Ibu Tri Wiratmi. Penulis menempuh pendidikan di Taman Pendidikan Kanak-Kanak (TK) di PT Gula Putih Mataram, Lampung Tengah lulus pada tahun 2008 dan melanjutkan di Sekolah Dasar Swasta (SDS) 01 Gula Putih Mataram, Lampung Tengah lulus pada tahun 2014. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Gula Putih Mataram lulus pada tahun 2017 dan menyelesaikan pendidikan di Sekolah Menengah Atas Swasta (SMAS) Sugar Group, Bandar Mataram, Lampung Tengah lulus pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis melanjutkan studi dan diterima di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Suka Negeri, Kecamatan Bengkunt, Kabupaten Pesisir Barat pada bulan Januari 2023. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) pada bulan Juni sampai Agustus 2023 di Balai Standardisasi Instrumen Pertanian (BSIP) Lampung, Rajabasa, Bandar Lampung dengan judul “Uji Kesukaan Kopi Robusta (*Coffea canephora* L.) di Kebun Percobaan Natar”.

Penulis memilih bidang Agronomi dan Hortikultura sebagai konsentrasi perkuliahan dan memilih Ilmu Gulma sebagai fokus penelitian. Selama menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Agronomi dan Hortikultura, penulis berkesempatan menjadi asisten praktikum mata kuliah Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman, Ilmu dan Teknik Pengendalian Gulma, dan Herbisida Lingkungan.

Selain itu, penulis juga aktif mengikuti Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) sebagai Anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan pada periode 2022 dan Sekretaris Bidang Penelitian dan Pengembangan pada periode 2023. Kemudian, penulis juga menjadi anggota Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Universitas Lampung dan Forum Studi Islam Fakultas Pertanian (FOSI FP) pada periode 2021/2022.

“Tetap berjalan lurus pada prosesmu, yang terbaik untukmu akan menemukanmu”

“Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah”
(QS. Ghafir : 44)

“Sukses itu harus melewati banyak proses, bukan banyak protes”
(Merry Riana)

“Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar, melainkan kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha”
(B.J. Habibie)

“Life is a journey to be experienced, not a problem to be solved”
(Winnie the Pooh)

“Always remember you are braver than you believe, stronger than you seem, smarter than you think and twice as beautiful as you’ve ever imagined”
(Dr. Seuss)

“Jangan rapuh, kuatlah seperti Bapak dan sabarlah seperti Ibu”
(Penulis)

Bismillahirrahmanirrahim

Dengan penuh rasa Syukur kepada Allah SWT
Atas Berkah Rahmat dan Karunia-Nya

Penulis persembahkan skripsi ini untuk :

Bapak Miskam, Ibu Tri Wiratmi, dan Kakak Annisa Cahyani Prastika atas segala
doa, dukungan, kasih sayang, dan perjuangan yang sungguh luar biasa untuk
penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini.

Sahabat-sahabat yang selama ini memberi dukungan dan menolong di kala suka
dan duka selama penyusunan skripsi.

Serta almamater yang penulis banggakan
Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian
Universitas Lampung

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“EFIKASI DAN SIFAT CAMPURAN HERBISIDA BERBAHAN AKTIF BENTAZON DAN MCPA TERHADAP GULMA *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa chinensis*, DAN *Fimbristylis miliacea*”**. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian maupun dalam penulisan skripsi, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P., selaku dosen pembimbing pertama dan pembimbing akademik atas segala nasihat, saran, motivasi dan bimbingannya kepada penulis sejak awal pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Dad Resiwooro Jekti Sembodo, M.S., selaku dosen pembimbing kedua atas segala nasihat, saran, dan bimbingannya yang senantiasa diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Ir. Herry Susanto, M.P., selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penelitian dan penulisan skripsi.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

6. Segenap dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
7. Tim penelitian gulma 2020, Anggi Amelia, Aslamiah, Diah Fitriani, Elisa Claudia Simamora, Puan Salsabila, Della Dwi Martina, Rizki Sahrani, Mita Nur Nilasari, Rica Hani Pratiwi, Musa Al Kadhim, M. Agung Pratama Putra, bang Kadek Wijaya Kusuma serta Destiana Veranti yang telah kebersamai dari awal hingga akhir, terima kasih atas tenaga, waktu, bantuan, dan suka duka yang telah kita lalui bersama hingga skripsi ini selesai.
8. Teman dekat penulis, G3DHANG KLHOTHOK, Retna Dwisafitri, Rahmawati Eka Widya Putri, dan Lilis Sulastri yang telah menemani proses perkuliahan yang panjang, terima kasih atas waktu, tenaga, suka dan duka, serta dukungan penuh yang tiada kira hingga penulisan skripsi ini selesai.
9. Teman terbaik selama di kosan Kampung Baru, Novia Risa Utami, terima kasih atas banyaknya doa dan dukungan yang tidak ada habisnya, serta motivasinya untuk menyelesaikan perkuliahan ini bersama-sama.
10. Bapak Pujono, yang turut serta membantu dan memberikan dukungan selama proses penelitian ini berlangsung
11. Penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada keluarga penulis, Bapak, Ibu, dan Kakak atas doa, cinta dan kasih sayang yang tidak ada habisnya, serta dukungan moril dan bantuan materil untuk pendidikan penulis selama berkuliah.

Penulis mengucapkan terima kasih atas doa dan dukungan yang telah diberikan. Akhir kata, penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi pembaca.

Bandar Lampung, 06 Agustus 2025

Penulis,

Karina Dian Novita Sari

2014161046

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	vi
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Landasan Teori	4
1.5 Kerangka Pemikiran	6
1.6 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Gulma	8
2.1.1 <i>Ludwigia octovalvis</i>	8
2.1.2 <i>Leptochloa chinensis</i>	9
2.1.3 <i>Fimbristylis miliacea</i>	11
2.2 Herbisida	12
2.2.1 Herbisida Bentazon	12
2.2.2 Herbisida MCPA	13
2.2.3 Interaksi Herbisida	14
III. METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Waktu dan Tempat	16
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	16
3.3 Rancangan Penelitian	16
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1 Penetapan Gulma Sasaran	17
3.4.2 Tata Letak Percobaan.....	17
3.4.3 Persiapan Media, Penanaman, dan Pemeliharaan Gulma	19
3.5 Aplikasi Herbisida	19
3.6 Pemanenan.....	20
3.7 Pengamatan.....	20
3.7.1 Gejala Keracunan	21

3.7.2 Penetapan Bobot Kering	21
3.8 Analisis Data	21
3.8.1 Analisis Data Model MSM (<i>Multiplicative Survival Model</i>)	22
3.8.2 Menghitung Nilai LD ₅₀ Perlakuan	22
3.8.3 Menghitung Nilai LD ₅₀ Harapan.....	24
3.8.4 Menghitung ko-toksisitas LD ₅₀	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	25
4.1 Hasil.....	25
4.1.1 Efikasi Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	25
4.1.1.1 <i>Ludwigia octovalvis</i>	25
4.1.1.2 <i>Leptochloa chinensis</i>	29
4.1.1.3 <i>Fimbristylis miliacea</i>	32
4.1.2 Sifat Campuran Herbisida	35
4.1.2.1 Pengujian MSM (<i>Multiplicative Survival Model</i>)	36
4.2 Pembahasan	38
4.2.1 Efikasi Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	38
4.2.1.1 <i>Ludwigia octovalvis</i>	38
4.2.1.2 <i>Leptochloa chinensis</i>	39
4.2.1.3 <i>Fimbristylis miliacea</i>	40
4.2.2 Sifat Campuran Herbisida	41
4.2.2.1 Nilai Probit	41
4.2.2.2 Nilai LD ₅₀	41
4.2.2.3 Pengujian MSM (<i>Multiplicative Survival Model</i>).....	42
V. KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan Percobaan Pengaruh Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Tiga Jenis Gulma	17
2. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Bobot Kering Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> pada 2 MSA	26
3. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Bobot Kering Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> pada 2 MSA	29
4. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Bobot Kering Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> pada 2 MSA	32
5. Nilai Log Dosis dan Nilai Probit Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	35
6. Persamaan Regresi Probit dan Nilai LD ₅₀ Perlakuan.....	36
7. Bobot Kering Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	49
8. Hasil Uji Homogenitas Bobot Kering Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	49
9. Analisis Ragam Bobot Kering Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	50
10. Bobot Kering Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	50
11. Hasil Uji Homogenitas Bobot Kering Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	51

12. Analisis Ragam Bobot Kering Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	51
13. Bobot Kering Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	52
14. Hasil Uji Homogenitas Bobot Kering Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	52
15. Analisis Ragam Bobot Kering Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> pada Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	53
16. Persen Kerusakan Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> akibat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	53
17. Persen Kerusakan Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> akibat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	54
18. Persen Kerusakan Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> akibat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	54
19. Rata-Rata Persen Kerusakan Semua Gulma akibat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	55
20. Nilai Probit Persen Kerusakan Semua Gulma akibat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	55
21. Nilai Log Dosis dan Nilai Probit Perlakuan Herbisida Bentazon	56
22. Nilai Log Dosis dan Nilai Probit Perlakuan Herbisida MCPA	56
23. Nilai Log Dosis dan Nilai Probit Perlakuan Herbisida Campuran Bentazon dan MCPA.....	57
24. Nilai LD ₅₀ Setiap Bahan Aktif Herbisida.....	59
25. Perhitungan Tabel LD ₅₀ Harapan Log Dosis 1-10	62
26. Perhitungan Tabel LD ₅₀ Harapan Dosis 11-20	63
27. Perhitungan Tabel LD ₅₀ Harapan Dosis 21-30	64
28. Perhitungan Tabel LD ₅₀ Harapan Dosis 31-35	65
29. Tabel Transformasi Persen-Probit.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i>	9
2. Gulma <i>Leptochloa chinensis</i>	10
3. Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i>	11
4. Rumus Bangun Bentazon	13
5. Rumus Bangun MCPA.....	14
6. Tata Letak Percobaan Uji Sifat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.....	18
7. Sketsa Pelaksanaan Aplikasi Herbisida Bentazon dan MCPA, dan Campuran Keduanya.....	20
8. Hubungan antara Persen Kerusakan Gulma <i>Ludwigia octovalvis</i> pada 2 MSA dan Dosis Masing-Masing Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	26
9. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Gejala Keracunan pada <i>Ludwigia octovalvis</i> pada 2 MSA	28
10. Hubungan antara persen Kerusakan Gulma <i>Leptochloa chinensis</i> pada 2 MSA dan Dosis Masing-Masing Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	30
11. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Gejala Keracunan pada <i>Leptochloa chinensis</i> pada 2 MSA	31
12. Hubungan antara Persentase Kerusakan Gulma <i>Fimbristylis miliacea</i> pada 2 MSA dengan Dosis Masing-Masing Perlakuan Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya	33

13. Pengaruh Jenis dan Dosis Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Gejala Keracunan pada <i>Fimbristylis miliacea</i> pada 2 MSA	34
14. Kurva Persamaan Regresi Linear Herbisida Bentazon	56
15. Kurva Persamaan Regresi Linear Herbisida MCPA	57
16. Kurva Persamaan Regresi Linear Herbisida Campuran Bentazon dan MCPA.....	58

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gulma merupakan tumbuhan yang mengganggu atau merugikan kepentingan manusia sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Kepentingan manusia ini sangat beragam, bisa ditinjau dari segi ekonomi, estetika, kesehatan, maupun lingkungan (Sembodo, 2010). Paiman (2020) menyatakan bahwa keberadaan gulma dalam budidaya tanaman padi dapat mengakibatkan kerugian yang setara dengan hama dan penyakit. Penurunan produksi padi secara nasional dapat mencapai 15-42% yang disebabkan oleh gulma yang biasa tumbuh di lahan persawahan seperti *Leptochloa chinensis*, *Marsilea crenata*, *Fimbristylis miliacea*, *Ludwigia octovalvis*, *Cyperus iria*, *Sphenoclea zeylanica*, *Monochoria vaginalis*, *Alternanthera sessilis*, dan *Lindernia crustacea* (Dani dkk., 2023). Hoesain dkk. (2019) menjelaskan, adapun gulma yang umum ditemukan pada lahan padi sawah biasanya mempunyai sifat tahan terhadap air dan kekeringan. Sejalan dengan penelitian Pratiwi dkk. (2016) gulma yang banyak tumbuh pada areal pertanaman padi sawah di Lampung adalah *Sphenoclea zeylanica*, *Leptochloa chinensis*, *Ludwigia octovalvis*, *Leersia hexandra*, dan *Fimbristylis miliacea*.

Upaya menghindari kerugian akibat populasi gulma pada pertanaman budidaya adalah dengan pengendalian gulma. Salah satu pilihan yang dinilai efektif dan efisien dalam pengendalian gulma adalah dengan penggunaan herbisida. Herbisida merupakan bahan kimia yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan gulma karena dapat menghambat serta mematikan pertumbuhan gulma. Pemakaian herbisida dengan bahan aktif yang sama secara terus-menerus akan mengakibatkan munculnya gulma yang resisten terhadap herbisida.

Manik (2019) menyampaikan bahwa penggunaan herbisida dengan satu jenis bahan aktif yang sama secara intensif dan terus menerus tidak dapat mengendalikan 100% gulma di lahan dan hanya sebagian kecil gulma yang dapat bertahan kemudian berkembang menjadi resisten. Keunggulan yang dimiliki oleh herbisida antara lain pengaruh yang ditimbulkannya terhadap gulma cukup cepat, memiliki efikasi yang tinggi, mengurangi biaya tenaga kerja yang semakin hari semakin mahal, dan menjadi sangat efektif ketika metode secara mekanik ataupun manual tidak dapat dilakukan karena kondisi tertentu (Travlos dkk., 2020).

Penggunaan herbisida untuk pengendalian gulma dinilai lebih cepat dan efektif dari segi biaya maupun waktu (Singh dkk., 2020). Beberapa faktor yang dapat memengaruhi efektivitas penggunaan herbisida antara lain jenis dan dosis herbisida (Hasanuddin, 2012). Penggunaan dosis herbisida yang tepat dapat mengendalikan gulma, sedangkan penggunaan dosis yang melebihi anjuran akan menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan lahan pertanian (Karyadi, 2009). Upaya penggunaan dosis herbisida yang tidak melebihi rekomendasi dapat membantu memertahankan atau bahkan meningkatkan produksi tanaman dengan input yang lebih hemat biaya (Rahman, 2016).

Salah satu cara yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan melakukan pencampuran herbisida. Pencampuran herbisida dengan bahan aktif yang berbeda bertujuan untuk memperluas spektrum pengendalian gulma, dan diharapkan dapat menekan munculnya gulma yang resisten terhadap herbisida, menurunkan biaya produksi, dan mengurangi residu herbisida, sehingga lebih ekonomis dan efektif (Zimdahl, 2007). Pengaplikasian herbisida campuran dapat mencegah munculnya permasalahan resistensi pada populasi gulma (Widayat dan Sumekar, 2022). Hal tersebut terjadi karena herbisida campuran dapat memperluas spektrum dalam mengendalikan berbagai jenis gulma pada padi sawah (Yadav dkk., 2020). Herbisida campuran yang tersusun dari perbedaan grup bahan kimia, cara kerja, dan metabolisme akan memberikan reaksi dalam menghambat proses fisiologis gulma serta kerja enzim (Widayat dan Sumekar, 2022).

Adapun sifat campuran herbisida dengan dua atau lebih jenis bahan aktif dapat bersifat sinergis, aditif, atau antagonis. Cloyd (2011) memaparkan bahwa interaksi antar jenis herbisida baik hayati (biopestisida, bahan utama berupa mikroorganisme seperti bakteri, virus, dan cendawan) maupun non hayati dikatakan sinergis apabila terdapat penggunaan dua atau lebih herbisida yang berbeda dapat meningkatkan keefektifan pengendalian gulma, tetapi sebaliknya apabila penggunaannya menurunkan keefektifannya, maka herbisida tersebut dikategorikan bersifat antagonis. Sinergisme atau antagonisme herbisida yang berlainan cara kerjanya hanya dapat dibuktikan dengan mengaplikasikan langsung pada gulma target (Supriadi, 2013). Pencampuran dua bahan aktif herbisida dapat bersifat aditif jika kerusakan gulma perlakuan memberikan hasil yang sama dengan kerusakan gulma yang diprediksi, bersifat sinergis jika mampu menurunkan dosis herbisida tanpa mengurangi efektivitas herbisida, dan bersifat antagonis jika perlu meningkatkan dosis herbisida untuk memperoleh efek yang sama (Streibig, 2003 dalam Kurniadie dkk., 2019).

Herbisida bentazon merupakan herbisida yang masuk ke dalam kelompok benzothiadiazoles yang mekanisme kerjanya sebagai fotosintesis inhibitor yang menghambat fotosistem II dalam proses fotosintesis sehingga menyebabkan klorosis pada daun. Herbisida *2-methyl-4-chlorophenoxy acetic acid* (MCPA) termasuk ke dalam kelompok asam fenoksiasetat yang bekerja sebagai auksin sintetis untuk mengganggu pertumbuhan gulma pada keseimbangan hormon yang mengatur pembelahan dan pembesaran sel (Rahman, 2012). Aplikasi herbisida berbahan aktif campuran bentazon dan MCPA efektif untuk mengendalikan gulma berdaun lebar, rumput, dan teki (Umiyati dkk., 2018).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui efikasi dan sifat campuran herbisida dengan bahan aktif bentazon dan MCPA. Gulma indikator yang digunakan adalah tiga jenis golongan gulma yaitu gulma golongan daun lebar yaitu *Ludwigia octovalvis*, gulma golongan rumput yaitu *Leptochloa chinensis*, dan gulma golongan teki yaitu *Fimbristylis miliacea* pada tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.)

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efikasi dan sifat campuran herbisida dengan bahan aktif bentazon dan MCPA apakah bersifat sinergis, antagonis, atau aditif.

1.4 Landasan Teori

Pencampuran beberapa jenis herbisida dapat memengaruhi toksisitas masing-masing komponen bahan aktif herbisida. Interaksi herbisida campuran dapat berupa interaksi sinergis dan antagonis. Interaksi sinergis terjadi apabila campuran herbisida dapat meningkatkan pengaruh herbisida, sedangkan interaksi antagonis terjadi apabila campuran bahan aktif dalam herbisida akan menurunkan pengaruh terhadap gulma sasaran (Fitri, 2015). Ferreira dkk. (2020) menjelaskan bahwa pencampuran herbisida yang optimal akan bertindak secara sinergis yaitu dapat meningkatkan aktivitas pada spesies sasaran gulma dan penurunan toksisitas pada tanaman. Namun, tidak semua hasil pencampuran herbisida bersifat sinergis. Untuk itu, setiap campuran herbisida diperlukan pengujian agar dapat diketahui sifat aktivitasnya.

Berdasarkan Tjitrosoedirjo (2010) pengaruh interaksi ganda kedua herbisida yang digunakan dapat bersifat sinergis, apabila rasio campuran dosis menghasilkan respon gulma yang lebih baik dibandingkan herbisida lain yang diaplikasikan

secara tunggal. Sifat sinergis saling mendukung satu sama lain ditunjukkan dengan dosis campuran herbisida yang lebih rendah dibandingkan dengan penggunaan herbisida secara tunggal. Zimdahl (2007) memaparkan bahwa herbisida majemuk lebih efektif dibandingkan dengan herbisida tunggal dalam mencegah pertumbuhan gulma dan dapat memperluas spektrum pengendalian, sejalan dengan penelitian Kristiawati (2003) penggunaan herbisida campuran lebih baik dilakukan karena dosis yang digunakan lebih rendah dibandingkan dengan herbisida tunggal dari golongan yang berbeda. Bahan aktif bentazon berdasarkan mekanisme kerjanya yaitu sebagai fotosintesis inhibitor (menghambat fotosistem II pada proses fotosintesis sehingga menyebabkan klorosis daun) dan mekanisme kerja MCPA yaitu auksin sintetis (menyebabkan terganggunya keseimbangan hormon yang mengatur pembelahan dan pembesaran sel) (Baumann dkk., 1999 dalam Aisyah dkk., 2022).

Perkembangan teknologi pencampuran herbisida dengan bahan aktif berbeda bertujuan untuk mendapatkan spektrum pengendalian yang lebih luas, serta diharapkan dapat memperlambat timbulnya gulma yang resisten terhadap herbisida, mengurangi biaya produksi, serta mengurangi residu herbisida. Salah satu hal yang harus dicermati dalam pencampuran herbisida adalah apakah campuran tersebut bersifat antagonistik atau tidak. Jika campuran herbisida tersebut bersifat antagonis, maka pengendalian gulma dengan herbisida campuran tersebut tidak akan efektif. Sun dkk. (2021) menyatakan apabila terdapat perbedaan golongan bahan kimia, cara kerja, campuran herbisida dapat saling berinteraksi untuk menghambat kerja enzim atau proses fisiologis gulma. Oleh karena itu, suatu campuran herbisida perlu diuji sifat aktivitasnya, dan ini ditentukan oleh jenis formulasi, cara kerja, dan jenis-jenis gulma yang dikendalikan (Guntoro dan Fitri, 2013).

1.5 Kerangka Pemikiran

Keberadaan gulma pada pertanaman akan menimbulkan kompetisi yang sangat serius dalam mendapatkan air, hara, cahaya matahari dan tempat tumbuh, dampaknya hasil tanaman tidak mampu menunjukkan potensi yang sebenarnya. Beberapa kerugian yang disebabkan oleh gulma antara lain: menurunkan kualitas dan kuantitas hasil tanaman, sebagai inang bagi hama dan penyakit, serta dapat menimbulkan keracunan bagi tanaman budidaya. Oleh karena itu, gulma perlu dikendalikan, karena pengendalian menjadi salah satu faktor penentu keberhasilan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman.

Adapun metode pengendalian yang dapat dilakukan yaitu pengendalian secara kultur teknis, biologi, mekanis, dan pengendalian secara kimiawi dengan menggunakan herbisida. Pengendalian secara kimia menggunakan herbisida dianggap paling efektif dibandingkan metode lainnya dari segi waktu, biaya, dan tingkat keberhasilan pengendalian. Penggunaan herbisida dengan bahan aktif yang sama secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan adanya resistensi gulma terhadap herbisida tersebut. Pencampuran herbisida dapat bersifat sinergis, antagonis, atau aditif.

Herbisida bentazon merupakan herbisida kontak dari kelompok senyawa benzothiadiazoles sedangkan herbisida MCPA merupakan herbisida sistemik dari kelompok *phenoxy acetic acid*. Kedua bahan aktif herbisida ini mampu mengendalikan gulma berdaun lebar, rumput, dan teki di sekitar tanaman padi. Mekanisme kerja herbisida bentazon yaitu sebagai fotosintesis inhibitor yang menghambat fotosintesis dalam fotosistem II sehingga menyebabkan klorosis pada daun. Sedangkan mekanisme kerja MCPA yaitu mengganggu keseimbangan hormon yang mengatur pembelahan dan pembesaran sel karena bekerja sebagai auksin sintesis. Gulma sasaran dari kedua herbisida ini yaitu *Fimbristylis miliaceae*, *Ludwigia adscendens*, *Leptochloa chinensis*, *Cyperus difformis*, *Ludwigia octovalvis*, dan lain sebagainya.

Pencampuran herbisida antara satu bahan aktif dengan bahan aktif lainnya dapat bersifat sinergis, antagonis, atau aditif. Metode pencampuran herbisida tidak selalu menimbulkan respon positif terhadap gulma yang dikendalikan. Hal tersebut dikarenakan setiap bahan aktif yang terkandung dalam herbisida memiliki jenis formulasi, cara kerja, dan spesifikasi jenis gulma yang berbeda. Oleh karena herbisida bentazon dan MCPA tersebut berasal dari dua golongan yang berbeda serta memiliki mekanisme kerja yang berbeda maka digunakan metode MSM (*Multiplicative Survival Model*) untuk mengetahui sifat campuran kedua herbisida tersebut.

1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah diuraikan, maka hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah

1. Herbisida campuran dengan bahan aktif bentazon dan MCPA pada dosis 230-1.840 g/ha efektif untuk mengendalikan tiga jenis golongan gulma yaitu gulma golongan daun lebar yaitu *Ludwigia octovalvis*, gulma golongan rumput yaitu *Leptochloa chinensis*, dan gulma golongan teki yaitu *Fimbristylis miliacea*.
2. Pada pengujian sifat campuran herbisida bentazon dan MCPA pada dosis 230-1.840 g/ha dengan metode MSM untuk ketiga jenis gulma uji bersifat sinergis.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gulma

Gulma merupakan tumbuhan yang mengganggu atau merugikan kepentingan manusia sehingga manusia berusaha untuk mengendalikannya. Kepentingan manusia ini sangat beragam, seperti menurunnya perolehan hasil usaha tani baik kualitas maupun kuantitasnya, mengganggu efisiensi penggunaan air dan saluran irigasi, dan lainnya (Sembodo, 2010). Keberadaan gulma di sekitar tanaman budidaya tidak dapat dihindari, terutama jika lahan tidak digunakan karena akan menimbulkan dampak buruk bagi tanaman sehingga gulma mampu bersaing secara bersamaan dalam memperebutkan cahaya, CO₂, air, unsur hara, dan ruang tumbuh. Adapun jenis-jenis gulma yang mewakili setiap golongan, yaitu gulma cacabea (*Ludwigia octovalvis*) mewakili gulma golongan daun lebar, gulma bobontengan (*Leptochloa chinensis*) mewakili gulma golongan rumput, dan gulma babawangan (*Fimbristylis miliacea*) mewakili gulma golongan teki.

2.1.1 *Ludwigia octovalvis*

Klasifikasi *Ludwigia octovalvis* yaitu:

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Kelas	: Dikotyledoneae
Ordo	: Myrtales
Familia	: Ornagraceae
Genus	: <i>Ludwigia</i>
Spesies	: <i>Ludwigia octovalvis</i> (Holm dkk., 1997)



Gambar 1. Gulma *Ludwigia octovalvis*.
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Ludwigia octovalvis merupakan tumbuhan tegak yang memiliki banyak cabang dan tinggi tanamannya dapat mencapai 1,5 meter, serta memiliki daya saing tinggi (Gambar 1). Siklus hidup *Ludwigia octovalvis* sepanjang tahun dan dapat berkembangbiak melalui biji maupun bagian tanaman. *Ludwigia octovalvis* merupakan tumbuhan yang memiliki dormansi yang rendah dan membutuhkan cahaya untuk berkecambah, karena dapat hidup di tempat yang ternaungi maupun tidak ternaungi serta merupakan gulma yang tidak resisten terhadap herbisida untuk beberapa tahun terakhir. Pengendalian dapat dilakukan melalui penyiangan lebih awal, penggenangan maupun pengendalian menggunakan herbisida (Caton dkk., 2011).

2.1.2 *Leptochloa chinensis*

Klasifikasi *Leptochloa chinensis* yaitu:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Familia	: Poaceae
Genus	: <i>Leptochloa</i>
Spesies	: <i>Leptochloa chinensis</i> (Holm dkk., 1997)



Gambar 2. Gulma *Leptochloa chinensis*.
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Leptochloa chinensis umumnya ditemukan di dataran rendah dan tumbuh pada ketinggian 1400 mdpl (Gambar 2). Keadaan fisik tumbuhan yaitu dapat tumbuh dalam rumpun, tegak, ramping, kadang-kadang dapat rebah di tanah dan tinggi tumbuhan dapat mencapai 1,2 meter. Gulma ini memiliki daya saing tinggi dengan tanaman budidaya. Siklus hidup gulma sepanjang tahun dengan organ perkembangbiakan melalui biji maupun potongan tanaman. Pengendalian terhadap gulma dapat dilakukan dengan pengolahan tanah, penyiangan menggunakan tangan, dan digenangi selama satu minggu (Caton dkk., 2011). Spesies ini memiliki stolon, yaitu modifikasi batang yang tumbuh menyamping dan di setiap ruasnya dapat keluar serabut akar maupun tunas untuk dapat membentuk individu baru (Paiman, 2020). Karakteristik gulma berupa stolon ini akan membentuk jaringan akar yang cukup rumit di dalam tanah sehingga menjadi sulit untuk diatasi secara mekanik (Perianto dkk., 2016).

2.1.3 *Fimbristylis miliacea*

Klasifikasi *Fimbristylis miliacea* yaitu :

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Liliopsida
Ordo : Cyperales
Familia : Cyperaceae
Genus : *Fimbristylis*
Spesies : *Fimbristylis miliacea* (Steenis, 2008)



Gambar 3. Gulma *Fimbristylis miliacea*.
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

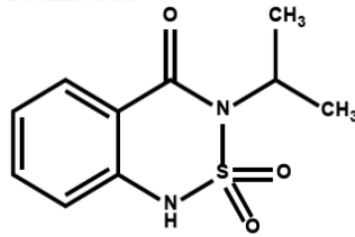
Fimbristylis miliacea merupakan salah satu jenis gulma setahun yang tumbuh berumpun dengan tinggi 20-60 cm (Gambar 3). Gulma ini biasanya tumbuh di tempat-tempat basah, berlumpur sampai semi basah, dan umum ditemukan pada lahan budidaya padi sawah pada fase vegetatif dan generatif (Pujisiswanto dkk., 2021). *Fimbristylis miliacea* memiliki tulang daun yang sejajar, bentuk daun yang runcing, maupun batang tegak, akar serabut, bunga bertangkai dan satu tangkai terdapat satu bunga. Fitri dkk. (2014) menjelaskan bahwa gulma ini merupakan salah satu gulma dominan yang ditemukan pada lahan sawah dan dapat menimbulkan kerugian berupa penurunan hasil produksi padi hingga 42%.

2.2 Herbisida

Herbisida adalah bahan kimia yang dapat menghambat pertumbuhan atau mematikan tumbuhan karena dapat memengaruhi beberapa proses seperti proses pembelahan sel, perkembangan jaringan, pembentukan klorofil, fotosintesis, respirasi, dan lainnya) (Sembodo, 2010). Berdasarkan sifat translokasinya, herbisida dibagi menjadi dua golongan yaitu herbisida kontak (tidak ditranslokasikan) dan sistemik (ditranslokasikan). Herbisida kontak mengendalikan gulma dengan cara mematikan bagian gulma yang terkena langsung dengan herbisida, sedangkan herbisida sistemik adalah herbisida yang dialirkan atau ditranslokasikan dari tempat awal kontak pertama dengan herbisida ke bagian lainnya, biasanya akan menuju titik tumbuh karena bagian tersebut adalah tempat paling aktif dalam proses metabolisme tanaman (Sembodo, 2010).

2.2.1 Herbisida Bentazon

Herbisida bentazon ($C_{10}H_{12}N_2O_3S$) merupakan herbisida yang masuk ke dalam kelompok benzothiadizoles dimana bahan aktif yang bersifat kontak dengan translokasi yang sangat sedikit secara akropetal di xilem, diserap oleh akar tanaman, dan sering digunakan petani untuk mengendalikan gulma berdaun lebar dan teki pada lahan persawahan (Umiyati dkk., 2021). Gulma sasaran herbisida berbahan aktif ini yaitu *Portulaca oleracea*, *Fimbristylis miliacea*, *Leptochloa chinensis*, *Cyperus iria*, *Ludwigia octovalvis*, dan sebagainya. Di Tomasso (2011) memaparkan bahwa bentazon sebagai herbisida selektif menghambat fotosintesis dengan pengikatan elektron dari fotosistem II ke fotosistem I yang menyebabkan tidak terjadinya proses pengikatan ion H^+ pada fotosistem I oleh NADP dan pembentukan ATP pada gulma teki dan daun lebar. Gejala yang terlihat pada gulma setelah dilakukan aplikasi herbisida bentazon adalah klorosis yang dimulai dari hari ke 3-5 setelah dilakukan aplikasi yang kemudian diikuti oleh pengeringan daun dan nekrosis (Wilcut dan LeBaron, 2014). Rumus bangun herbisida bentazon sebagai berikut :



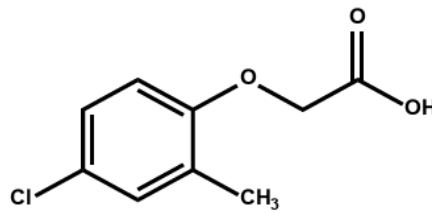
Gambar 4. Rumus Bangun Bentazon (Wilcut dan LeBaron, 2014).

Hasil berbeda ditemukan di berbagai sumber tentang nilai konsentrasi mematikan yang ditetapkan dari percobaan yang dilakukan untuk mengetahui efek pestisida pada ikan. Sebagai hasil percobaan, bentazon (herbisida) dalam 24 jam, nilai LD_{50} terbukti dapat mematikan larva *Oreochromis niloticus* dihitung sebesar 14.86 ± 0.19 g/l. Berdasarkan hasil tersebut, nilai LD yang ditentukan untuk herbisida bentazon sesuai dengan laporan Babantude dan Oladimeji (2014) dan penyebab adanya perbedaan tersebut dengan laporan lain adalah panjang ikan, jenis ikan, dan suhu lingkungan (Azgin dan Göksu, 2014).

2.2.2 Herbisida MCPA

Herbisida 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid (MCPA dengan rumus molekul $C_9H_9ClO_3$) termasuk ke dalam kelompok asam fenoksiasetat yang memiliki sifat sebagai hormon tumbuh, umumnya diaplikasikan lewat daun dan ditranslokasikan ke bagian lainnya (Sembodo, 2010). Herbisida ini diaplikasikan saat purna tumbuh dan bersifat sistemik serta dapat mengendalikan jenis gulma berdaun lebar dan rumput (Umiyati dkk., 2021). Gulma sasaran herbisida berbahan aktif ini yaitu *Amaranthus spp.*, *Fimbristylis miliacea*, *Ludwigia adscendens*, *Leptochloa chinensis*, *Cyperus difformis*, *Ludwigia octovalvis*, dan lain sebagainya. Mekanisme kerja herbisida ini adalah memengaruhi perumbuhan dan pembelahan sel dengan cara memengaruhi metabolisme asam nukleat serta mengganggu sistem translokasi dalam tubuh gulma (Sembodo, 2010). Gejala yang terlihat pada gulma setelah dilakukan aplikasi herbisida MCPA adalah terjadinya pembengkokan pada batang dan puntiran pada daun, yang kemudian diikuti oleh klorosis pada titik tumbuh, terjadi penghambatan pertumbuhan, layu,

dan nekrosis (Wilcut dan LeBaron, 2014). Rumus bangun herbisida MCPA sebagai berikut :



Gambar 5. Rumus Bangun MCPA (Wilcut dan LeBaron, 2014).

2.2.3 Interaksi Herbisida

Pencampuran herbisida bertujuan untuk mengurangi resistensi suatu gulma pada satu herbisida tertentu, membantu menurunkan gulma dominan homogen dan menurunkan dosis herbisida tertentu (Siagian, 2015). Pencampuran herbisida dilakukan untuk meningkatkan efektivitas suatu herbisida yang dapat diperoleh melalui penggabungan kemampuan dua herbisida tunggal dengan dosis masing-masing herbisida yang lebih rendah dalam mengendalikan gulma serta mampu mengendalikan jenis gulma yang lebih banyak (spektrum pengendalian yang lebih luas). Dengan kata lain, pencampuran dua atau lebih bahan aktif herbisida dapat menghindari penggunaan dosis tinggi dan respon yang ditunjukkan oleh gulma terhadap pengaplikasian herbisida campuran akan berbeda dibandingkan ketika dilakukan pengaplikasian herbisida secara tunggal (Sembodo dan Wati, 2021).

Pencampuran bahan aktif herbisida dapat menyebabkan respon yang dibagi menjadi tiga jenis. Respon pertama bersifat aditif, yang ditandai dengan samanya hasil yang diperoleh terhadap pengendalian gulma baik ketika herbisida tersebut diaplikasikan tunggal maupun dicampur dengan bahan aktif yang berbeda. Respon kedua yaitu bersifat antagonis, hal ini terjadi jika campuran kedua bahan aktif memberikan respon yang lebih rendah. Sedangkan respon yang ketiga adalah bersifat sinergis, dimana respon dari pencampuran herbisida lebih tinggi dibandingkan aplikasi dalam bentuk tunggal. Pencampuran herbisida yang diharapkan adalah yang memiliki sifat sinergis (Maryani, 2017).

Analisis data yang digunakan untuk uji pencampuran herbisida dengan cara kerja yang berbeda adalah dengan metode MSM (*Multiplicative Survival Model*). Dalam analisis tersebut digunakan persamaan regresi linier probit ($Y = aX + b$). Nilai Y merupakan transformasi nilai probit dari persen kerusakan gulma, sedangkan nilai X diperoleh dari nilai logaritmik penggunaan dosis herbisida yang digunakan. Dengan menggunakan persamaan linier tersebut maka dapat dihitung nilai LD50, yaitu dosis yang menyebabkan kemungkinan kematian 50% populasi gulma yang diharapkan akibat aplikasi gulma, yang selanjutnya digunakan untuk analisis. Formulasi yang digunakan untuk menentukan nilai harapan campuran dinyatakan sebagai berikut :

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)(B)$$

$P(A+B)$ adalah nilai persen kerusakan gulma dari herbisida campura, $P(A)$ adalah persen kerusakan gulma oleh herbisida A, $P(B)$ adalah persen kerusakan gulma akibat herbisida B, dan $P(A)(B)$ adalah hasil perkalian antara persen kerusakan $P(A)$ dengan $P(B)$. Nilai LD50 harapan diperoleh dari persamaan $P(A+B) = 50$. Sifat campuran bersifat sinergis apabila nilai LD50 harapan lebih kecil dari LD50 perlakuan, bersifat antagonis apabila nilai LD50 harapan lebih besar dari LD50 perlakuan, dan bersifat aditif apabila nilai LD50 harapan sama dengan LD50 perlakuan (Kurniadie dkk., 2019).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai Agustus 2024 di Desa Tempuran, Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah dan Laboratorium Ilmu Gulma Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat semprot punggung / *knapsack sprayer* dengan *nozzle* merah, gelas ukur, gelas piala, pinset, pipet, mangkuk *thinwall* dengan ukuran tinggi 7 cm dan diameter 11,5 cm, timbangan, ember, serta alat tulis. Bahan yang digunakan yakni kertas label, herbisida dengan bahan aktif bentazon 400 g/l dan MCPA 60 g/l, air dan media tanam berupa tanah lumpur dari sawah, bibit gulma yang terdiri dari gulma golongan daun lebar (*Ludwigia octovalvis*), gulma golongan rumput (*Leptochloa chinensis*), dan gulma golongan teki (*Fimbristylis miliacea*).

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri atas 15 perlakuan yaitu 5 perlakuan herbisida bentazon, 5 perlakuan herbisida MCPA, dan 5 perlakuan herbisida campuran bentazon + MCPA. Masing-masing perlakuan diterapkan pada 3 spesies gulma dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 4 kali sehingga diperoleh total 180 satuan percobaan. Pengelompokan

dilakukan berdasarkan tinggi gulma saat sebelum aplikasi herbisida pada setiap perlakuan dengan cara mengelompokkan gulma dengan tinggi yang relatif seragam dalam satu kelompok untuk menghindari terjadinya bias terhadap data pengamatan yang diperoleh. Tabel dosis perlakuan yang akan diuji dapat dilihat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan Percobaan Pengaruh Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya terhadap Tiga Jenis Gulma

Perlakuan	Dosis Bahan Aktif (g/ha)		
	Bentazon	MCPA	Bentazon+MCPA
1	0	0	0
2	200	30	230 (200+30)
3	400	60	460 (400+60)
4	800	120	920 (800+120)
5	1600	240	1.840 (1600+240)

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian terdiri dari penetapan gulma sasaran, menentukan tata letak percobaan, persiapan media, penanaman gulma, pemeliharaan gulma, aplikasi herbisida, pemanenan, pengamatan, dan analisis data.

3.4.1 Penetapan Gulma Sasaran

Gulma sasaran terdiri dari tiga jenis gulma dari tiga golongan berbeda berdasarkan tanggapan gulma terhadap herbisida yang akan diuji. Spesies gulma golongan daun lebar yaitu *Ludwigia octovalvis*, gulma golongan rumput yaitu *Leptochloa chinensis*, dan gulma golongan teki yaitu *Fimbristylis miliacea*.

3.4.2 Tata Letak Percobaan

Tata letak mangkuk *thinwall* antar perlakuan yang akan diaplikasikan herbisida bentazon, MCPA, dan campuran keduanya dengan berbagai taraf dosis yang disiapkan sedemikian rupa untuk meminimalisir kesalahan aplikasi (Gambar 6).

A	B	C
P5	P8	P2
P8	P4	P5
P14	P11	P15
P1	P14	P13
P9	P13	P10
P13	P10	P3
P4	P9	P7
P15	P12	P12
P7	P6	P14
P3	P1	P6
P12	P5	P1
P10	P15	P8
P2	P2	P9
P6	P3	P11
P11	P7	P4
Ulangan 1		

B	A	C
P14	P4	P5
P8	P8	P13
P10	P2	P12
P2	P11	P2
P6	P14	P14
P7	P10	P11
P3	P7	P4
P5	P5	P6
P15	P1	P15
P11	P15	P8
P9	P9	P3
P12	P13	P10
P4	P12	P9
P1	P3	P7
P13	P6	P1
Ulangan 2		

C	B	A
P1	P10	P7
P7	P12	P4
P11	P6	P1
P2	P13	P6
P15	P3	P8
P12	P11	P3
P5	P2	P12
P13	P1	P10
P14	P5	P15
P3	P15	P14
P9	P8	P2
P10	P7	P11
P8	P9	P5
P6	P4	P9
P4	P14	P13
Ulangan 3		

B	C	A
P2	P5	P15
P6	P15	P2
P15	P12	P4
P12	P6	P7
P8	P9	P8
P5	P11	P6
P7	P13	P10
P3	P8	P3
P11	P3	P12
P14	P14	P13
P9	P1	P9
P10	P4	P1
P13	P7	P5
P1	P10	P11
P4	P2	P14
Ulangan 4		

Gambar 6. Tata Letak Percobaan Uji Sifat Herbisida Bentazon, MCPA, dan Campuran Keduanya.

Keterangan

A = *Ludwigia octovalvis*, B = *Leptochloa chinensis*, dan C = *Fimbristylis miliacea*.

P1-P4 = Perlakuan herbisida tunggal bentazon

P6-P9 = Perlakuan herbisida tunggal MCPA

P11-P14 = Perlakuan herbisida campuran bentazon + MCPA

P5, P10, dan P15 = Perlakuan kontrol

3.4.3 Persiapan Media, Penanaman, dan Pemeliharaan Gulma

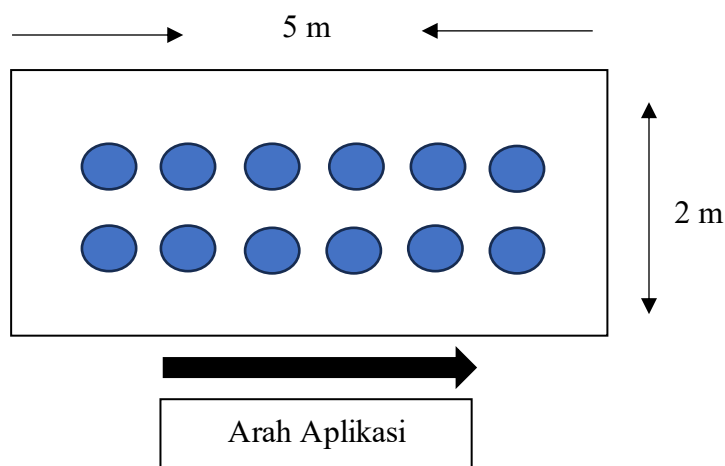
Bibit gulma untuk penelitian ini diambil dari lahan sawah yang ditanam dalam mangkuk *thinwall* dengan ukuran tinggi 7 cm dan diameter 11,5 cm sebanyak 3 gulma, kemudian dijarangkan 7 HST untuk ditinggalkan 1 gulma tiap mangkuk *thinwall*. Setiap ulangan gulma dikelompokkan berdasarkan tinggi agar seragam. Pengelompokkan tinggi gulma *Ludwigia octovalvis* ulangan 1 (3-5 cm), ulangan 2 (7-10 cm), ulangan 3 (12-15 cm), dan ulangan 4 (16-18 cm). Pengelompokkan tinggi gulma *Leptochloa chinensis* ulangan 1 (5-7 cm), ulangan 2 (8-10 cm), ulangan 3 (11-13 cm), dan ulangan 4 (15-17 cm). Pengelompokkan tinggi gulma *Fimbristylis miliacea* ulangan 1 (7-10 cm), ulangan 2 (11-13 cm), ulangan 3 (14-15 cm), dan ulangan 4 (16-17 cm).

Media tanam yang digunakan berupa tanah lumpur dari sawah. Media tanam dimasukkan ke dalam mangkuk *thinwall* kemudian diletakan pada tempat penelitian sesuai dengan tata letak percobaan. Pemeliharaan dilakukan setiap hari selama penelitian berlangsung. Penyiraman gulma dilakukan sesuai kebutuhan dengan menyiram media pada mangkuk *thinwall* percobaan untuk menjaga kelembaban tanah dan ketersediaan air. Bentuk pemeliharaan lainnya yaitu penyiangan gulma non sasaran yang dilakukan secara manual agar pertumbuhan gulma sasaran tidak terganggu.

3.5 Aplikasi Herbisida

Sebelum aplikasi dilakukan kalibrasi terlebih dahulu dengan alat semprot punggung (*knapsack sprayer*). Kalibrasi dilakukan agar diperoleh kecepatan penyemprotan dan keluaran nozel yang tepat. Kalibrasi dilakukan dengan metode luas untuk mengetahui volume semprot yang dibutuhkan untuk aplikasi petak berukuran 2 m x 5 m (Gambar 7). Adapun hasil kalibrasi yang diperoleh yaitu 500 ml/10 m² setara dengan volume semprot 500 l/ha. Aplikasi herbisida dilakukan hanya satu kali selama pengujian dan saat pertumbuhan gulma sasaran

berumur 10 HST dengan cara penyemprotan dimulai dari dosis terendah hingga tertinggi.



Gambar 7. Sketsa Pelaksanaan Aplikasi Herbisida Bentazon dan MCPA, dan Campuran Keduanya.

Keterangan :  = mangkuk percobaan; tinggi 7 cm dan diameter 10,5 cm

3.6 Pemanenan

Pemanenan dilakukan pada 2 MSA (minggu setelah aplikasi) setelah terlihat respon gulma sasaran terhadap herbisida yang diaplikasikan. Pemanenan dilakukan dengan cara gulma dipotong tepat pada permukaan tanah dan dipisahkan menurut masing-masing perlakuan. Bagian gulma yang masih hidup dipisahkan dari bagian gulma yang sudah mati (kering). Bagian gulma yang masih hidup digunakan untuk pengamatan, sedangkan bagian yang sudah mati dibuang.

3.7 Pengamatan

Pengamatan berupa gejala keracunan diamati pada ketiga gulma uji yang dilakukan setelah diaplikasikan herbisida berbahan aktif tunggal maupun campuran yakni pada 4 HSA, 8 HSA, dan 12 HSA.

3.7.1 Gejala Keracunan

Pengamatan dilakukan pada 1 MSA dan 2 MSA dengan mengamati gulma dari setiap perlakuan kemudian dibandingkan dengan sampel dari perlakuan kontrol (tanpa aplikasi herbisida). Hal tersebut dilakukan untuk membandingkan antara perlakuan dan kontrol serta mengetahui perubahan warna dan morfologi yang menunjukkan gejala keracunan pada gulma setelah aplikasi herbisida.

3.7.2 Penetapan Bobot Kering

Gulma yang telah dipanen pada 2 MSA dan masih hidup kemudian dimasukkan dalam kantong kertas dan diberi label, selanjutnya dioven pada temperatur 80°C selama 48 jam hingga tercapai bobot kering konstan. Kemudian bobot kering gulma ditimbang. Data bobot kering gulma digunakan untuk menentukan persentase kerusakan gulma.

3.8 Analisis Data

Data bobot kering yang diperoleh selanjutnya dikonversi menjadi nilai persen kerusakan. Persen kerusakan merupakan nilai yang ditunjukkan seberapa besar kemampuan herbisida dalam mematikan gulma. Data bobot kering dan persen kerusakan diuji kehomogenannya dengan uji Bartlett dan keaditifan data yang diuji dengan uji Tukey. Berdasarkan hasil uji aditifitas dan homogenitas, perlu dilakukan pengujian pemisahan nilai tengah perlakuan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5% terhadap data bobot kering maupun persen kerusakan gulma untuk memperoleh kesimpulan mengenai daya kendali herbisida yang digunakan.

3.8.1 Analisis Data Model MSM (*Multiplicative Survival Model*)

Metode MSM merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengetahui tipe campuran herbisida. Metode ini digunakan untuk mengetahui sifat pencampuran herbisida yang memiliki mekanisme kerja berbeda (Ismawati dkk., 2017).

Herbisida yang diteliti tersusun atas dua komponen bahan aktif, yaitu Bentazon dan MCPA dengan mekanisme kerja yang berbeda. Dari data bobot kering gulma, selanjutnya dihitung persen kerusakan dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ KP} = \left\{ 1 - \frac{Bgp}{Bgk} \right\} \times 100\%$$

Keterangan :

% KP = Persen kerusakan gulma

Bgp = Bobot kering gulma pada perlakuan herbisida (g)

Bgk = Bobot kering gulma kontrol (g)

Persen kerusakan yang diperoleh selanjutnya dikonversi ke dalam nilai probit. Dari probit (Y) dan log dosis (X) akan diperoleh persamaan regresi linier sederhana dengan menggunakan Microsoft Excel. Kemudian dari persamaan ini didapat nilai LD₅₀ perlakuan herbisida Bentazon, MCPA, dan campuran masing-masing terhadap gulma sasaran. Nilai tersebut selanjutnya digunakan untuk menganalisis sifat campuran kedua jenis herbisida dengan metode MSM (*Multiplicative Survival Model*).

3.8.2 Menghitung Nilai LD₅₀ Perlakuan

a) Menghitung probit masing-masing herbisida

Probit merupakan fungsi kerusakan gulma berupa persamaan regresi linier sederhana, yaitu $Y = a + bX$, dimana Y adalah nilai probit dari persen kerusakan gabungan gulma, dan X adalah nilai log dosis perlakuan herbisida.

b) Menghitung LD₅₀ perlakuan masing-masing herbisida

Persen kematian sebesar 50% merupakan batasan untuk mengetahui apakah dosis yang digunakan sudah cukup atau berlebih dalam mengendalikan gulma

atau seberapa besar dosis herbisida yang diperlukan agar dapat mengendalikan populasi gulma. LD_{50} menunjukkan dosis yang menyebabkan kerusakan gulma 50%. Nilai LD_{50} didapatkan dari nilai Y pada persamaan regresi yang merupakan persen kerusakan (50%) yang ditransformasikan ke dalam nilai probit, yaitu 5. Nilai X adalah log dosis dari masing-masing perlakuan, sehingga untuk menentukan LD_{50} log dosis harus dikembalikan ke dalam *antilog* (X).

- c) Menghitung nilai LD_{50} perlakuan masing-masing herbisida dalam LD_{50} perlakuan campuran herbisida

LD_{50} perlakuan campuran herbisida dibagi dengan jumlah perbandingan kedua komponen bahan aktif Bentazon (A) dan MCPA (B). Kemudian nilai LD_{50} perlakuan masing-masing herbisida disesuaikan nilainya berdasarkan nilai perbandingan A : B.

- d) Menghitung persen kerusakan masing-masing herbisida

Nilai LD_{50} perlakuan komponen masing-masing herbisida diubah ke dalam nilai log, nilai log yang diperoleh merupakan nilai X. Kemudian nilai X dimasukkan ke dalam persamaan regresi kedua herbisida. Nilai Y merupakan LD_{50} perlakuan masing-masing herbisida. Kemudian nilai LD_{50} dikonversi ke dalam nilai anti probit, nilai yang diperoleh merupakan persen kerusakan masing-masing herbisida.

- e) Menghitung persen kerusakan campuran herbisida pada LD_{50} perlakuan
- $$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)(B)$$

Keterangan :

$P(A)$ = Persen kerusakan gulma oleh herbisida Bentazon

$P(B)$ = Persen kerusakan gulma oleh herbisida MCPA

$P(A)(B)$ = Persen kerusakan gulma oleh herbisida campuran (Streibig, 2003).

3.8.3 Menghitung Nilai LD₅₀ Harapan

- a) Mengubah LD₅₀ perlakuan masing-masing komponen herbisida.
- b) Mengubah dosis menjadi log dosis.
- c) Mengubah nilai probit atau nilai Y1 dan Y2, kemudian digunakan rumus $Y = (b \times \log \text{dosis}) + a$; dengan melihat dari persamaan regresi linear masing-masing herbisida tunggal.
- d) Melihat nilai yang mendekati nilai Y1 dan Y2 yang telah diperoleh dari hasil sebelumnya.
- e) Mengubah nilai Y1 dan Y2 menjadi persen kerusakan dengan mengubah nilai tersebut menjadi anti probit.
- f) Menghitung nilai persen kerusakan campuran herbisida pada LD₅₀ harapan dengan menggunakan rumus

$$P(A+B) = P(A) + P(B) - P(A)(B)$$

Keterangan :

P(A) = Persen kerusakan gulma oleh herbisida Bentazon

P(B) = Persen kerusakan gulma oleh herbisida MCPA

P(A)(B) = Persen kerusakan gulma oleh herbisida campuran (Streibig, 2003).

- g) Menentukan LD₅₀ harapan

Melihat dosis herbisida setelah mengalami perubahan nilai X1 dan X2 yang menyebabkan persen kerusakan harapan herbisida campuran mendekati 50% yang ditandai dengan adanya gejala keracunan berupa bagian batang gulma yang telah menguning sebagian. Kemudian dilakukan penjumlahan dosis tersebut.

3.8.4 Menghitung ko-toksisitas LD₅₀

Kriteria sifat campuran herbisida bersifat aktif majemuk dapat diuji didasarkan pada nilai ko-toksisitas = LD₅₀ harapan dibagi dengan LD₅₀ perlakuan. Jika nilai ko-toksisitas > 1 berarti campuran herbisida tersebut sinergis, namun jika nilai < 1 berarti campuran herbisida tersebut antagonis (Streibig, 2003).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini sebagai berikut:

1. Herbisida berbahan aktif tunggal bentazon mampu mengendalikan gulma golongan daun lebar (*Ludwigia octovalvis*), gulma golongan rumput (*Leptochloa chinensis*), dan gulma golongan teki (*Fimbristylis miliacea*) pada dosis 200-1.600 g/ha, sedangkan herbisida berbahan aktif tunggal MCPA mampu mengendalikan gulma golongan daun lebar (*Ludwigia octovalvis*) dan gulma golongan teki (*Fimbristylis miliacea*) pada dosis 30-240 g/ha.
2. Herbisida berbahan aktif campuran bentazon dan MCPA pada dosis 230-1.840 g/ha mampu mengendalikan gulma golongan daun lebar *Ludwigia octovalvis*, gulma golongan rumput *Leptochloa chinensis*, dan gulma golongan teki *Fimbristylis miliacea*.
3. Herbisida berbahan aktif campuran bentazon dan MCPA bersifat sinergis terhadap gulma *Ludwigia octovalvis*, *Leptochloa chinensis*, dan *Fimbristylis miliacea* setelah diuji menggunakan model MSM (*Multiplicative Survival Model*) dengan nilai LD₅₀ harapan 124, dan nilai LD₅₀ perlakuan 73,81, serta nilai ko-toksisitas 1,68 (>1).

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk menguji sifat herbisida pada lahan budidaya padi sawah dengan memperhatikan fitotoksisitasnya baik pada gulma maupun tanaman padi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, S., Hasjim, S., dan Putri, P.H. 2022. Keefektifan dosis reduktan herbisida terhadap pengendalian gulma serta pengaruhnya pada tanaman padi varietas Inpari 32. *Jurnal Agrikultura*. 33(3):342-358.
- Azgin, C. dan Göksu, M.Z.L. 2014. Acute toxicity of bentazone (herbicide) and chlorpyrifos (insecticide) on *Oreochromis niloticus* Larvae (Bioassay). *J. Biol. Environ. Sci.*. 8(24):179-182.
- Babantude, M.M., dan Oladimeji, A.A. 2014. Comparative study of acute toxicity of paraquat and galex to *Oreochromis niloticus*. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*. 4(3):437-444.
- Caton, B.P., Mortimer, M., Hill, J.E., and Johnson, D.E. 2011. *Gulma Padi di Asia : Edisi Kedua (Bahasa Indonesia)*. IRRI. Bangkok. 121 hlm.
- Cloyd, R.A. 2011. Chapter 5 : *Pesticide Mixtures-Formulations, Effect, Fate*. Kansas State University. USA. pp. 69-80.
- Dani, U., Sumekar, Y., Widayat, D., dan Arifin, M. 2023. Efektifitas herbisida pirazosulfuron etil terhadap gulma serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil padi sawah (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agroteknologi Tropika Lembab*. 5(2):143-151.
- Di Tomasso, J. 2011. *Mode of Action of the Growth Regulator Herbicides*. United of California. California. pp. 28-31.
- Felixia, C. 2016. Penggunaan herbisida amonium gluosinat pada persiapan lahan padi sawah (*Oryza sativa* L.) dengan sistem tanpa olah tanah. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ferreira, P.H.U., Thiesen, L.V., Pelegrini, G., Ramos, M.F.T., Pintom, M.M.D. and Ferreira, M.D.C. 2020. Physicochemical properties, droplet size and a volatility of dicamba with herbicides and adjuvants on tank-mixture. *Scientific Reports*. 10(1):1-11.

- Fitri, D. S., Syam, Z. dan Solfiyeni. 2014. Komposisi dan struktur gulma pada fase vegetatif padi sawah (*Oryza sativa* L.) di Nagari Singkarak Kabupaten Solok Sumatera Barat. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 3(1):68-72.
- Fitri, B.N.R. 2015. Aplikasi campuran hebisida penoxsulam dan butachlor terhadap pengendalian gulma pertumbuhan dan hasil tanaman padi sawah. *Skripsi*. UPN “Veteran” Yogyakarta. Yogyakarta.
- Fitria, Purba, E., dan Sabrina, T. 2017. Pertumbuhan dan produksi jagung (*Zea mays* L.) pada berbagai pengelolaan gulma di Kabupaten Deli Serdang. *Jurnal Pertanian Tropik*. 4(3):9-15.
- Guntoro, D. dan Fitri, T.Y. 2013. Aktivitas herbisida campuran bahan aktif *cyhalofop-butyl* dan penoxsulam terhadap beberapa jenis gulma padi sawah. *Buletin Agrohorti*. 1(1):140-148.
- Hasanuddin. 2012. Aplikasi herbisida *clomazone* dan pendimethalin pada tanaman kedelai kultivar Agromulyo: I. karakteristik gulma. *Agrista*. 16(1):1-6.
- Hoesain, M., Hasjim, S., Widodo, N., dan Harsita, P.A. 2019. Analisis nilai penting gulma pada tanaman padi dalam rangka pemilihan pengendalian ramah lingkungan. *Agrimeta*. 9(17):14-17.
- Holm, L., Doll, J., Panco, J., and Herberger, J. 1997. *World Weed Natural Histories and Distribution*. Ind Wirley Press. New York. 1.129 pp.
- Ismawati, Sriyani, N., dan Pujisiswanto, H. 2017. Pengujian efektivitas herbisida berbahan aktif glifosat, mesotrion, s-metolaklor, dan campuran ketiganya terhadap gulma teki. *J. Agrotek Tropika*. 5(3):181-187
- Karyadi. 2009. Dampak penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan terhadap kandungan residu tanah pertanian bawang merah di Kecamatan Gemuh Kabupaten Kendal. *Agromedia*. 26(1):10-19.
- Kristiawati, I. 2003. Uji tipe campuran herbisida fluroksipir dan glifosat menggunakan gulma *Paspalum conjugatum* dan *Mikania micrantha*. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Kurniadie, D., Umiyati, U., dan Shabirah, S. 2019. Pengaruh campuran herbisida berbahan aktif atrazin 500 g/l dan mesotrion 50 g/l terhadap gulma dominan pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Kultivasi*. 18(2):912-918.
- Manik, S.E. 2019. Uji resistensi gulma *Eleusine indica* terhadap penggunaan herbisida berbahan aktif *glyphosate*. *Agriland*. 7(1):33-38.

- Maryani, E. 2017. Uji interaksi dan efikasi herbisida campuran pyriftalid + metil bensulfuron terhadap gulma padi sawah. *Skripsi*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Paiman. 2020. *Gulma Tanaman Pangan*. UPY Press. Yogyakarta. 239 hlm.
- Perianto, L.H., Soejono, A.T., dan Astuti, Y. 2016. Komposisi gulma pada lahan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada tanaman belum menghasilkan dan tanaman menghasilkan di KP2 Ungaran. *Agromast*. 1(2):1-13.
- Polansky, S. dan Guntoro, D. 2016. Pengendalian gulma pada tanaman padi sawah dengan menggunakan herbisida berbahan aktif campuran bentazon dan mcpa. *Agrohorti*. 4(1):122-131.
- Pratiwi, R., Sembodo, D.R.J., dan Hidayat, K.F. 2016. Efikasi herbisida penoksulam terhadap pertumbuhan gulma umum pada budidaya tanaman padi sawah. *J. Agrotek Tropika*. 4(1):16-21.
- Pujiswanto, H., Nurmiaty, Y., Sriyani, N., dan Afrima, A. 2021. Pengaruh ekstrak buah lerak (*Sapindus rarak*) dan beberapa adjuvan terhadap perkecambahan gulma *Fimbristylis miliacea*. *Jurnal Agrotropika*. 20(2):104-109.
- Rahman, M. 2012. Response of weed flora to different herbicides in aerobic rice system. *Scientific Research and Essays*. 7(1):12-23.
- Rahman, M. 2016. Herbicidal weed control: benefits and risks. *Advances in Plants & Agriculture Research*. 4(5):371-372.
- Sembodo, D.R.J. 2010. *Gulma dan Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 168 hlm.
- Sembodo, D.R.J. dan Wati, N.R. 2021. Uji efektivitas campuran herbisida berbahan aktif atrazin dan topramezon. *Jurnal Agrotropika*. 20(2):93-103.
- Siagian, D.T. 2015. *Teknologi Lingkungan*. CV Andika Offset. Yogyakarta. 146 hlm.
- Singh, A., Singh, A.K., and Singh, S.B. 2020. Relative efficacy of herbicides for weed control in rice: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(2):2375-2382.
- Steenis, C.G.G.J. 2008. *Flora :untuk Sekolah di Indonesia Edisi ke 12*. PT Pradnya Paramita. Jakarta. 342 hlm.
- Streibig, J. 2003. *Assesment of Herbicide Effects*. CRC Press, Boca Raton, Florida. USA. 44 pp.

- Sun, Y., Kaleibar, B.P., Oveisi, M., and Müller-Schärer, H. 2021. Addressing climate change: What can plant invasion science and weed science learn from each other?. *Frontiers in Agronomy*. Vol. 2:1-7
- Supriadi. 2013. Optimasi pemanfaatan beragam jenis pestisida untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*. 32(1):1-9.
- Tjitrosoedirjo, S. 2010. Herbisida berbahan aktif majemuk (pelatihan pengelolaan gulma terpadu di ekosistem pertanian dan ekosistem alami). *BIOTROP*. Bogor.
- Travlos, I., Prado, R., Chachalis, D., and Bilalis, D.J. 2020. Herbicide resistance in weeds: early detection, mechanism, dispersal, new insights, and management issues. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8(7):1-5.
- Umiyati, U., Kurniadie, D., Widayat, D., dan Abdurrahim, I. 2018. Efektivitas herbisida bentazon sodium (370 g/l) dan MCPA DMA (62 g/l) dalam mengendalikan gulma pada budidaya sawah. *Jurnal Kultivasi*. 17(3):716-722.
- Umiyati, U., Widayat, D., Riswandi, D., dan Amalia, R. 2021. Sifat campuran herbisida berbahan aktif bentazon dan MCPA terhadap gulma daun lebar, teki, dan rumput. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*. 23(1):1-5.
- Widayat, D., Sumekar, Y., Umiyati, U., dan Nurochman, R.A. 2020. The effectiveness of mixed herbicide bentazone 400 g/l + MCPA 60 g/l against weeds emphasis on tabela rice crop system. *International Journal of Botany Studies*. 5(2):133-139.
- Widayat, D. dan Sumekar, Y. 2022. Pengaruh dosis campuran penoksulam dan pretiaktor terhadap gulma, pertumbuhan, dan hasil padi sawah. *AGRIVET: Jurnal Ilmu Pertanian dan Peternakan*. 10(2):182-192.
- Wilcut, J. and LeBaron, H. 2014. *Herbicide Handbook : Tenth Edition*. Weed Science Society of America. USA.
- Yadav, S., Yadav, R.B., Chuhan, S.S., Kumar, R., and Kumar, V. 2020. Efficacy of different herbicides and its combination against the weed flora of transplanted rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(10):2057-2068.
- Zimdahl, R.L. 2007. *Fundamentals of Weed Science (Third Edition)*. Department of Bioagricultural Science and Pest Management. Colorado State University. USA.