

**IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA *Cynodon dactylon* DAN  
*Eleusine indica* TERHADAP HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT  
DI PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.)  
LAMPUNG TENGAH**

**(Tesis)**

**Oleh**

**FERMATA UNJUNAN SARI  
2024011016**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### **RESISTANCE IDENTIFICATION OF *Cynodon dactylon* AND *Eleusine indica* WEEDS TO DIURON AND GLYPHOSATE HERBICIDES IN SUGARCANE (*Saccharum officinarum* L.) PLANTATION CENTRAL LAMPUNG**

By

**FERMATA UNJUNAN SARI**

Using herbicides with the same mechanism of action for a long period lead to weed resistance to the herbicides used. Resistant weeds can't be controlled with herbicides at recommended dose. This study was conducted to identify weed resistance to diuron and glyphosate herbicides used in the sugarcane plantations of PT. Gunung Madu Plantations. This study aims to (1) determine the time ( $LT_{50}$ ) of diuron and glyphosate herbicides in poisoning exposed and unexposed weeds to the herbicides, (2) determine the effective dose ( $ED_{50}$ ) of diuron and glyphosate herbicides in poisoning exposed and unexposed weeds to the herbicides, (3) determine the differences in physiological activity of exposed and unexposed weeds to diuron and glyphosate herbicides, and (4) to determine the resistance status of exposed and unexposed weeds to diuron and glyphosate herbicides. The study was conducted from March to August 2022 at University of Lampung, PT. GMP, and Al-Madani College in Bandar Lampung. The study consists of 2 stages. Stage 1: Weed Resistance Study and Stage 2: Weed Physiological Activity Study. The study used a *Split Plot Design* with 6 replications and 8 treatments each for *Cynodon dactylon* to diuron and *Eleusine indica* to glyphosate herbicide. The first factor was the status of weeds, exposed and unexposed weeds to the herbicides. The second factor is the dose, all in: 0, 200, 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400 and 12.800 g/ha. In Stage 1, observations were made on the percentage of damage and weed dry weight. Data were analyzed with probit analysis to study  $LT_{50}$  (lethal time 50%),  $ED_{50}$  (effective dose 50%), and RR (resistance ratio). In Stage 2, physiological activities were observed which include carbon assimilation rate ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), stomatal conductance rate ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), and transpiration rate ( $\text{mol}$

$\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) in exposed and unexposed weeds. The results showed that: (1) *Cynodon dactylon* exposed to diuron required a longer time to be damaged, compared to unexposed weeds with  $\text{LT}_{50}$  values of 543.19 and 11.28 days at dose of 800 g/ha, 198.66 and 7.05 days at a dose of 1.600 g/ha, and 92.53 and 6.57 days at a dose of 3.200 g/ha. (2) *Eleusine indica* exposed to glyphosate required a longer time to be damaged, compared to unexposed weeds with  $\text{LT}_{50}$  values of 151.78 and 6.63 days at a dose of 800 g/ha, (3) *Cynodon dactylon* exposed to diuron required a higher dose to be damaged, compared to unexposed weeds with  $\text{ED}_{50}$  values at 405.38 and 163.46 g/ha. (4) *Eleusine indica* exposed to glyphosate required higher dose to be damaged, compared to unexposed weeds with  $\text{ED}_{50}$  values at 214.42 and 154.02 g/ha. (5) *Cynodon dactylon* exposed to diuron had higher physiological activity values (carbon assimilation rate, stomatal conductance rate, and transpiration rate) compared to unexposed weeds (6) *Eleusine indica* exposed to glyphosate had physiological activity values (rate of carbon assimilation, stomatal conductance rate, and transpiration rate) which was not different from unexposed weeds (7) RR value of *Cynodon dactylon* exposed to diuron herbicide was 2.48 and classified as having low resistance, while RR value of *Eleusine indica* exposed to glyphosate herbicide was 1.39 and still classified as sensitive.

**Keywords :** diuron, glyphosate, herbicide, resistance, physiological activity

## **ABSTRAK**

### **IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA *Cynodon dactylon* DAN *Eleusine indica* TERHADAP HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT DI PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**FERMATA UNJUNAN SARI**

Penggunaan herbisida dengan mekanisme kerja yang sama dalam jangka waktu yang lama menyebabkan kemungkinan munculnya resistensi gulma terhadap herbisida yang digunakan. Gulma resisten adalah gulma yang tidak dapat dikendalikan dengan herbisida pada dosis rekomendasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi resistensi gulma terhadap herbisida diuron dan glifosat yang telah lama digunakan di perkebunan tebu PT. GMP. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui lamanya waktu (LT<sub>50</sub>) herbisida diuron dan glifosat dalam meracuni gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida, (2) mengetahui nilai dosis efektif (ED<sub>50</sub>) herbisida diuron dan glifosat dalam meracuni gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida, (3) mengetahui perbedaan aktivitas fisiologi pada gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida diuron dan glifosat, dan (4) mengetahui status resistensi gulma yang terpapar herbisida diuron dan glifosat.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2022 di Universitas Lampung, PT. Gunung Madu Plantations, dan Perguruan Tinggi Al-Madani Bandar Lampung. Penelitian terdiri dari 2 tahap. Tahap 1 yaitu Uji Resistensi Gulma dan Tahap 2 yaitu Uji Aktivitas Fisiologi Gulma. Penelitian menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan 6 ulangan dan 8 perlakuan masing-masing untuk herbisida diuron terhadap gulma *Cynodon dactylon* dan herbisida glifosat terhadap gulma *Eleusine indica*. Faktor pertama adalah jenis gulma, yaitu gulma terpapar dan gulma tidak terpapar herbisida, faktor kedua adalah tingkatan dosis herbisida. Dosis yang digunakan yaitu 0, 200, 400, 800, 1.600, 3.200, 6.400, dan 12.800 g/ha. Pada Tahap 1, pengamatan dilakukan terhadap persentase keracunan dan bobot kering gulma.

Data hasil pengamatan dianalisis probit untuk mengetahui ( $LT_{50}$ ), Dosis Efektif ( $ED_{50}$ ), dan Nisbah Resistensi (NR). Pada Tahap 2, diamati aktivitas fisiologi yang meliputi laju asimilasi karbon ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), laju konduktansi stomata ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), dan laju transpirasi ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa: (1) gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron memerlukan waktu yang lebih lama untuk dapat teracuni sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $LT_{50}$  berturut-turut selama 543,19 dan 11,28 hari pada dosis 800, kemudian selama 198,66 dan 7,05 hari g/ha pada dosis 1.600 g/ha, serta selama 92,53 dan 6,57 hari pada dosis 3.200 g/ha. (2) gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat memerlukan waktu yang lebih lama untuk dapat teracuni sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $LT_{50}$  selama 151,78 dan 6,63 hari pada dosis 800 g/ha. (3) gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron memerlukan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $ED_{50}$  sebesar 405,38 dan 163,46 g/ha. (4) gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat memerlukan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $ED_{50}$  sebesar 214,42 dan 154,02 g/ha. (5) gulma *Cynodon dactylon* terpapar memiliki nilai aktivitas fisiologi (laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi) yang lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar (6) gulma *Eleusine indica* terpapar memiliki nilai aktivitas fisiologi (laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi) yang tidak berbeda dengan gulma tidak terpapar (7) nilai NR gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron sebesar 2,48 dan mengalami resistensi rendah, sedangkan nilai NR gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat sebesar 1,39 yang masih tergolong sensitif.

**Kata kunci** : diuron, glifosat, herbisida, resistensi, aktivitas fisiologi

**IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA *Cynodon dactylon* DAN  
*Eleusine indica* TERHADAP HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT  
DI PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.)  
LAMPUNG TENGAH**

**Oleh**

**FERMATA UNJUNAN SARI**

**Tesis**

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

**Pada**

**Jurusan Magister Agronomi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Tesis : **IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA**  
***Cynodon dactylon* DAN *Eleusine indica* TERHADAP**  
**HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT DI**  
**PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.)**  
**LAMPUNG TENGAH**

Nama Mahasiswa : **Fermata Urjunan Sari**

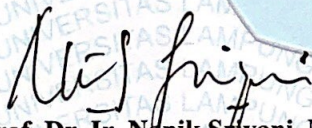
Nomor Pokok Mahasiswa : **2024011016**


Program Studi : **Magister Agronomi**

Fakultas : **Pertanian**




1. Komisi Pembimbing

  
**Prof. Dr. Ir. Nanik Srayani, M.Sc.**  
NIP. 19620101 198603 2 001

  
**Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.**  
NIP. 19610820 198603 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

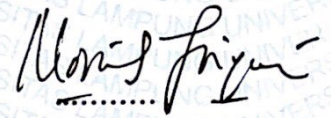
  
**Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.**  
NIP. 19610803 198603 2 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

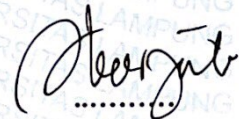
Ketua

: Prof. Dr. Ir. Nanik Sriyani, M.Sc.



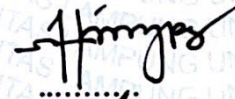
Sekretaris

: Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.



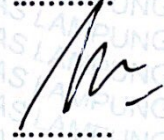
Penguji I  
Bukan Pembimbing

: Dr. Hidayat Pujisiswanto, S.P., M.P.



Penguji II  
Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.



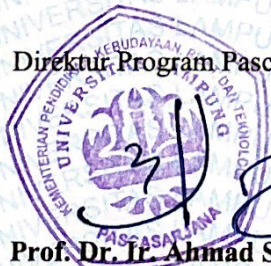
2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19611020 198603 1 002



3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.

NIP 19710415 199803 1 005



Tanggal Lulus Ujian Tesis: 7 Februari 2023



## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “**IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA *Cynodon dactylon* DAN *Eleusine indica* TERHADAP HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT DI PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) LAMPUNG TENGAH**” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulisan lain dengan cara tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Pembimbing penulisan tesis ini berhak mempublikasikan sebagian atau seluruh tesis ini pada jurnal ilmiah dengan mencantumkan nama saya sebagai salah satu penulisnya.
3. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya, dan saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 Februari 2023  
Pembuat pernyataan,



Fermata Unjunan Sari  
NPM 2024011016

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, pada tanggal 10 Agustus 1998. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Drs. Herman Z. Semenguk, M.M., dan Ibu Darlena EN, S.Pd., M.M. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-Kanak di TK PTPN VII Kecamatan Blambangan Umpu Kabupaten Way Kanan pada tahun 2004, Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 1 Negeri Baru pada tahun 2010, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 1 Blambangan Umpu pada tahun 2013, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMA S Al-Kautsar Bandar Lampung pada tahun 2016.

Pada tahun 2016 Penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan berhasil mendapatkan gelar Sarjana Pertanian pada 29 Juli 2020. Selama menjadi mahasiswa Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Fisiologi Tumbuhan (2018), Bioekologi Pertanian (2019), Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman (2019), serta Ilmu dan Teknik Pengendalian Gulma (2020). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Merambung, Kecamatan Tanjung Raja, Kabupaten Lampung Utara pada bulan Januari 2019 selama 40 hari. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) selama 30 hari di PT Perkebunan Nusantara VII Distrik Bungamayang Kabupaten Lampung Utara. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan studi Pascasarjana Magister Agronomi di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

*Dengan rasa syukur kepada Allah SWT*

*Kupersembahkan karya ku ini sebagai bentuk rasa bakti,  
tanggung jawab, dan terima kasihku  
kepada:*

*Orang tua dan kakakku tercinta yang selalu memberikan doa,  
dukungan, cinta dan kasih sayang selama hidupku.*

*Keluarga besar, orang terdekatku, sahabat, dan teman-teman  
yang telah memberikan dukungan dan semangat  
dalam menemaniku setiap langkahku.*

*Serta Almamater yang kubanggakan  
Universitas Lampung*

## SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “**IDENTIFIKASI RESISTENSI GULMA *Cynodon dactylon* DAN *Eleusine indica* TERHADAP HERBISIDA DIURON DAN GLIFOSAT DI PERKEBUNAN TEBU (*Saccharum officinarum* L.) LAMPUNG TENGAH**”. Melalui tulisan ini Penulis menyampaikan terimakasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Nanik Sriyani, M.Sc., selaku dosen Pembimbing I atas bimbingan, ilmu, arahan, nasihat, kritik dan saran, pengalaman, serta motivasi yang diberikan kepada Penulis selama penelitian dan penyusunan tesis.
5. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku dosen Pembimbing II yang telah membimbing, memberikan dukungan, ilmu, kritik, saran, arahan, dan motivasi kepada Penulis.
6. Bapak Dr. Hidayat Pujisiswanto, SP., M.P., selaku dosen Penguji I yang telah memberikan dukungan, ilmu, pengalaman, arahan, kritik, saran, dan motivasi kepada Penulis.
7. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku dosen Penguji II, Pembimbing Akademik, dan Ketua Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi atas dukungan, ilmu, nasihat, arahan, kritik, dan saran yang telah diberikan kepada Penulis.

8. Seluruh dosen Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi atas ilmu yang telah diberikan selama Penulis menempuh Pendidikan di Universitas Lampung.
9. Bapak Budi, Bapak Tasa, Mas Alip, Bapak Ucok, Bapak Robul, dan Mas Eno yang telah mendampingi dan membantu Penulis selama melaksanakan penelitian di PT. Gunung Madu Plantations.
10. Kedua orang tua tercinta, papi Drs. Herman Z. Semenguk, M.M., mami Darlena EN., S.Pd., M.M., pipin Farastika Unjunan Muli, S.P., dan abang Brigpol Alditya Nuur Rahman, S.H., yang tidak pernah lelah memberikan doa, motivasi, cinta dan kasih sayang, serta dukungan moril dan material kepada Penulis.
11. Bripda Arbi Ariando, yang telah menemani Penulis sejak Penulis mengejar gelar Sarjana hingga Magister.
12. Teman-teman seperjuangan, Tyas Dwi Chintya, S.Tr.P., M.P., Siti Munawaroh, S.P., M.P., Emi Yunida, S.P., M.P., Negrita Rizki Anggraini, S.P., dan Ria Rizky Lestari, S.P., yang telah saling memberikan dukungan dan semangat selama perkuliahan.
13. Teman terdekat Penulis, Dilly Yuda Pebriasih, S.P., Amalia Ratna Sari, S.M., Gianny Ayu Pratiwi, S.P., dan Olifvia Shafira Hs, S.P., yang telah menemani, memberikan dukungan dan semangat kepada Penulis.
14. Teman-teman Magister Agronomi 2020 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang terjalin selama perkuliahan.

Bandar Lampung, 7 Februari 2023  
Penulis,

Fermata Unjunan Sari  
NPM 2024011016

*"Tidaklah mungkin bagi matahari mengejar bulan  
dan malam pun tidak dapat mendahului siang.  
Masing-masing beredar pada garis edarnya"  
(QS. Yasin: 40)*

*"Tiada suatu pemberian yang lebih utama dari orang tua  
kepada anaknya selain pendidikan yang baik"  
(HR. Al-Hakim)*

*"Menjadi orang yang pintar tidak lebih baik  
dibandingkan dengan orang yang mengerti"  
(Herman Z. Semenguk)*

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Kerangka Pemikiran .....	7
1.5 Hipotesis .....	10
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	11
2.1 Tanaman Tebu ( <i>Saccharum officinarum</i> L.) .....	11
2.2 Gulma .....	12
2.2.1 Gulma <i>Cynodon dactylon</i> .....	14
2.2.2 Gulma <i>Eleusine indica</i> .....	16
2.3 Pengendalian Gulma di Perkebunan Tebu.....	17
2.4 Herbisida Diuron .....	18
2.5 Herbisida Glifosat .....	19
2.6 Batasan dan Perkembangan Resistensi Gulma .....	20
2.7 Resistensi Gulma terhadap Herbisida Diuron dan Glifosat .....	25
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	28
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian .....	28
3.2 Alat dan Bahan .....	28
3.3 Metode Penelitian.....	29
3.4 Tahap 1 : Uji Resistensi Gulma .....	29

3.4.1 Uji Resistensi Gulma <i>Cynodon dactylon</i> terhadap Herbisida Diuron .....	29
3.4.2 Uji Resistensi Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Herbisida Glifosat.....	30
3.4.3 Pelaksanaan Penelitian .....	32
3.4.3.1 Survei Lapang .....	32
3.4.3.2 Pengambilan, Penanaman dan Pemeliharaan Gulma .....	33
3.4.3.3 Aplikasi Herbisida.....	33
3.4.4 Variabel Pengamatan .....	34
3.4.4.1 Persentase Keracunan .....	34
3.4.4.2 Bobot Kering Gulma .....	35
3.4.4.3 Waktu Meracuni (LT <sub>50</sub> ) .....	35
3.4.4.4 Dosis Efektif (ED <sub>50</sub> ) .....	35
3.4.4.5 Nisbah Resistensi (NR) .....	36
3.5 Tahap 2 : Uji Aktivitas Fisiologi Gulma .....	36
3.5.1 Pengamatan Aktivitas Fisiologi Gulma.....	38
3.5.2 Analisis Data Aktivitas Fisiologi Gulma.....	38
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1 Hasil Uji Tahap 1 : Identifikasi Resistensi Gulma.....	39
4.1.1 Identifikasi Resistensi Gulma <i>Cynodon dactylon</i> terhadap Herbisida Diuron .....	39
4.1.1.1 Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Cynodon dactylon</i> Akibat Aplikasi Herbisida Diuron .....	39
4.1.1.2 Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Cynodon dactylon</i> Akibat Aplikasi Herbisida Diuron .....	42
4.1.1.3 Nilai LT <sub>50</sub> Gulma <i>Cynodon dactylon</i> Akibat Aplikasi Herbisida Diuron .....	44
4.1.1.4 Resistensi Gulma <i>Cynodon dactylon</i> terhadap Herbisida Diuron .....	46
4.1.2 Identifikasi Resistensi Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Herbisida Glifosat.....	48
4.1.2.1 Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Eleusine indica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat .....	48



4.1.2.2 Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Eleusine indica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat .....	51
4.1.2.3 Nilai LT <sub>50</sub> Gulma <i>Eleusine indica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat .....	53
4.1.2.4 Resistensi Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Herbisida Glifosat .....	54
4.2 Hasil Uji Tahap 2 : Aktivitas Fisiologi Gulma .....	55
4.2.1 Aktivitas Fisiologi Gulma <i>Cynodon dactylon</i> Akibat Aplikasi Herbisida Diuron .....	55
4.2.1.1 Laju Asimilasi Karbon .....	55
4.2.1.2 Laju Konduktansi Stomata .....	57
4.2.1.3 Laju Transpirasi .....	59
4.2.2. Aktivitas Fisiologi Gulma <i>Eleusine indica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat .....	61
4.2.2.1 Laju Asimilasi Karbon .....	61
4.2.2.2 Laju Konduktansi Stomata .....	63
4.2.2.3 Laju Transpirasi .....	64
<b>V. KESIMPULAN</b> .....	66
5.1 Kesimpulan .....	66
5.2 Saran.....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	68
<b>LAMPIRAN</b> .....	76
Tabel 7-28 .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tingkatan dosis bahan aktif herbisida diuron.....	29
2. Tingkatan dosis bahan aktif herbisida glifosat .....	31
3. Nilai $LT_{50}$ gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron .....	45
4. Nilai $ED_{50}$ gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron .....	46
5. Nilai $LT_{50}$ gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	53
6. Nilai $ED_{50}$ gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	54
7. Persen keracunan gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron .....	77
8. Persen keracunan gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	77
9. Bobot kering gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron .....	78
10. Bobot kering gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	78
11. Laju asimilasi karbon gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 4 HSA .....	79
12. Laju asimilasi karbon gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 12 HSA .....	79
13. Laju asimilasi karbon gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 16 HSA .....	80
14. Laju konduktansi stomata gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 4 HSA .....	80
15. Laju konduktansi stomata gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 12 HSA .....	81

16. Laju konduktansi stomata gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 16 HSA .....	81
17. Laju transpirasi gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 4 HSA .....	82
18. Laju transpirasi gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 12 HSA .....	82
19. Laju transpirasi gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron pada 16 HSA .....	83
20. Laju asimilasi karbon gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 4 HSA.....	83
21. Laju asimilasi karbon gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 12 HSA.....	84
22. Laju asimilasi karbon gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 16 HSA.....	84
23. Laju konduktansi stomata gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 4 HSA.....	85
24. Laju konduktansi stomata gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 12 HSA.....	85
25. Laju konduktansi stomata gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 16 HSA.....	86
26. Laju transpirasi gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 4 HSA.....	86
27. Laju transpirasi gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 12 HSA.....	87
28. Laju transpirasi gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat pada 16 HSA.....	87

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bagan kerangka pemikiran .....	9
2. Gulma <i>Cynodon dactylon</i> .....	15
3. Gulma <i>Eleusine indica</i> .....	16
4. Rumus bangun diuron .....	19
5. Rumus bangun glifosat .....	20
6. Perkembangan kasus resistensi di dunia .....	21
7. Perkembangan jumlah spesies gulma yang resisten berdasarkan mekanisme kerja herbisida .....	22
8. Tata letak percobaan resistensi gulma <i>Cynodon dactylon</i> terhadap herbisida diuron .....	30
9. Tata letak percobaan resistensi gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap herbisida glifosat .....	31
10. Titik lokasi survei dan pengambilan sampel gulma.....	32
11. Li-COR 6800 F .....	37
12. Tata letak percobaan uji aktivitas fisiologi gulma <i>Cynodon dactylon</i> terhadap herbisida diuron .....	37
13. Tata letak percobaan uji aktivitas fisiologi gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap herbisida glifosat .....	37
14. Nilai persen keracunan <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron .....	40
15. Respon gulma <i>Cynodon dactylon</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida diuron pada 20 HSA .....	41
16. Bobot kering gulma <i>Cynodon dactylon</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida diuron .....	43
17. Persen kerusakan gulma <i>Cynodon dactylon</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida diuron .....	44

18. Nilai persen keracunan gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	49
19. Respon gulma <i>Eleusine indica</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida glifosat pada 20 HSA.....	50
20. Bobot kering gulma <i>Eleusine indica</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida glifosat.....	51
21. Persen kerusakan gulma <i>Eleusine indica</i> terpapar dan tidak terpapar akibat aplikasi herbisida glifosat.....	52
22. Laju asimilasi karbon gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron.....	56
23. Laju konduktansi stomata gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron.....	58
24. Laju transpirasi gulma <i>Cynodon dactylon</i> akibat aplikasi herbisida diuron.....	60
25. Laju asimilasi karbon gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	62
26. Laju konduktansi stomata gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	63
27. Laju transpirasi gulma <i>Eleusine indica</i> akibat aplikasi herbisida glifosat.....	65

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman yang hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis dan termasuk ke dalam famili poaceae. Jawa Timur merupakan provinsi penghasil Gula Kristal Putih (GKP) dari tebu terbesar di Indonesia yang kemudian diikuti oleh Provinsi Lampung, Jawa Tengah, Sumatera Selatan dan Jawa Barat dengan kontribusi masing-masing sebesar 48,19%, 30,94%, 8,22%, 4,35% dan 2,67%. Produktivitas GKP tebu Indonesia dari tahun ke tahun cenderung mengalami penurunan. Penurunan terjadi antara tahun 2015-2016 dengan penurunan sebesar 11,76% dan mencapai produktivitas terendah pada Tahun 2017 yaitu sebesar 4.985 kg/ha GKP (Ditjenbun, 2019).

Upaya peningkatan produktivitas GKP tebu nasional dapat dilakukan melalui penerapan proses budidaya yang tepat. Proses budidaya tanaman tidak lepas dari berbagai kendala salah satunya ialah keberadaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) seperti hama, penyakit, dan gulma. Gulma merupakan tumbuhan yang kehadirannya tidak dikehendaki oleh manusia pada lahan budidaya. Gulma dapat menyebabkan penurunan hasil, adanya kompetisi terhadap pemanfaatan sarana tumbuh dengan tanaman utama, serta dapat menjadi inang hama dan penyakit (Widaryanto *et al.*, 2021). Keberadaan gulma pada tanaman tebu dapat menyebabkan kehilangan hasil lebih dari 62% jika tidak dilakukan pengendalian (Odero *et al.*, 2016).

Gulma dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dikarenakan dapat bersaing dalam pemanfaatan sarana tumbuh seperti cahaya matahari, ruang tumbuh, CO<sub>2</sub>, air, dan unsur hara. Selain itu gulma dapat menurunkan kualitas serta kuantitas tanaman (Madukwe, 2012). Gulma berkompetisi sepanjang siklus hidup tanaman pokok namun akan sangat berpengaruh pada periode kritis tanaman. Periode kritis adalah periode pada saat tanaman pokok sangat peka atau sensitif terhadap persaingan gulma, sehingga pada periode tersebut perlu dilakukan pengendalian untuk mencegah kehilangan hasil. Periode kritis kompetisi tanaman terhadap gulma secara umum terjadi pada sepertiga hingga setengah dari siklus hidupnya (Balittas, 2019). Upaya yang dapat dilakukan untuk menekan kerugian akibat keberadaan gulma ialah dengan melakukan pengendalian.

Pengendalian gulma pada tanaman tebu dapat dilakukan secara preventif (pencegahan), mekanik, kultur teknik, pengendalian hayati, kimiawi, dan secara terpadu (Sembodo, 2010). Pengendalian kimiawi dengan menggunakan herbisida banyak digunakan pada skala yang luas karena memberikan hasil yang nyata dengan waktu yang singkat sehingga dianggap lebih efektif dan efisien dalam mengendalikan gulma. Pengendalian gulma secara kimiawi di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah dilakukan dengan menggunakan herbisida.

PT. Gunung Madu Plantations didirikan pada tahun 1975 dan merupakan pelopor usaha perkebunan serta pabrik gula di luar Pulau Jawa, khususnya Lampung. Areal perkebunan tebu dan pabrik gula PT. Gunung Madu Plantations terletak di Desa Gunung Batin, Lampung Tengah, Lampung. Luas areal Gunung Madu Plantations yang dikelola sebesar 36.000 ha dengan luas kebun produksi 25.000 ha. Sisa lahan di luar kebun produksi merupakan jalan, sungai-sungai, kawasan konservasi, bangunan pabrik, perkantoran dan permukiman karyawan (PT. Gunung Madu Plantations, 2015). Gulma dominan yang ada di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah adalah gulma *Dactyloctenium aegyptium*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Eleusine*

*indica*, *Richardia brasiliensis*, *Borreria alata*, dan *Digitaria ciliaris*. Penggunaan herbisida di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah telah berlangsung selama puluhan tahun dengan herbisida yang digunakan adalah herbisida berbahan aktif diuron, glifosat, ametrin, parakuat, dan 2,4 D (Musrianto, 2022).

Penggunaan herbisida dengan mekanisme kerja yang sama dalam jangka waktu yang lama (lebih dari 30 tahun) akan menyebabkan kemungkinan munculnya resistensi gulma terhadap herbisida yang digunakan. Gulma yang sering diaplikasikan herbisida disebut gulma terpapar, sedangkan gulma yang belum pernah diaplikasikan herbisida disebut gulma tidak terpapar. Resistensi terjadi akibat gulma yang toleran sehingga tetap dapat bertahan hidup dan bereproduksi meskipun telah dikendalikan dengan dosis herbisida yang umumnya efektif mengendalikan gulma tersebut. Adanya resistensi gulma akan menyebabkan peningkatan penggunaan dosis herbisida yang digunakan sehingga biaya pengendalian pun meningkat, selain itu peningkatan penggunaan dosis herbisida akan meningkatkan risiko pencemaran lingkungan akibat residu herbisida.

Secara umum, lima mekanisme resistensi herbisida pada gulma yang telah teridentifikasi yaitu (1) lokasi target herbisida yang berubah karena mutasi yang mengakibatkan kurangnya penghambatan secara sebagian atau keseluruhan, (2) metabolisme menonaktifkan yang menyebabkan bahan aktif herbisida diubah menjadi metabolit nonfitotoksik, (3) berkurangnya absorpsi dan/atau translokasi yang mengakibatkan pembatasan pergerakan herbisida ke titik/tempat aksi, (4) pemisahan/pembagian dimana herbisida diimobilisasi dari situs aksi di organel sel seperti vakuola atau dinding sel, dan (5) amplifikasi gen/ekspresi berlebihan dari situs target (Nandula, 2016).

Adanya kasus resistensi gulma di dunia telah banyak dilaporkan dari tahun ke tahun. Menurut Adamczewski *et al.*, (2019) kasus pertama resistensi gulma terjadi di negara Amerika Serikat, Australia, Kanada, dan Prancis yang telah menggunakan bahan kimia untuk mengendalikan gulma selama bertahun-tahun.



Dilaporkan oleh Heap (2021), bahwa kasus resistensi gulma di dunia terus meningkat. Pada tahun 2005 terdapat 337 biotipe gulma yang resisten, kemudian menjadi 498 biotipe pada tahun 2018 dan hingga pada tahun 2020 mencapai 509 biotipe gulma. Jumlah spesies gulma yang resisten terhadap herbisida dengan mekanisme kerja *PSII inhibitors* sebanyak 93 spesies pada tahun 2010, kemudian meningkat menjadi 101 spesies pada tahun 2015, dan terus meningkat hingga 103 spesies pada tahun 2020. Pada herbisida dengan mekanisme kerja *EPSP inhibitors* jumlah spesies gulma yang resisten ialah sebanyak 25 spesies pada tahun 2010, kemudian meningkat menjadi 38 spesies pada tahun 2015, dan menjadi 53 spesies pada tahun 2020.

Kasus resistensi gulma di Indonesia juga telah banyak dilaporkan. Hasil penelitian Hendarto (2017), gulma *Dactyloctenium aegyptium* yang terpapar herbisida pada perkebunan nanas di Lampung Tengah telah mengalami resistensi tingkat tinggi terhadap herbisida diuron dengan nilai *Median effective dose* ( $ED_{50}$ ) diuron 261.517 kali lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar herbisida. Hasil penelitian Manik (2019) menunjukkan bahwa gulma *Eleusine indica* asal Medan telah mengalami tingkat resistensi yang tinggi terhadap herbisida berbahan aktif glifosat yang ditandai dengan tingginya penggunaan dosis bahan aktif glifosat yaitu sebesar 3000 ml/ha dan 3500 ml/ha agar efektif menyebabkan kematian gulma *Eleusine indica*.

Dilaporkan pula oleh Sari<sup>b</sup> (2019), bahwa gulma *Dactyloctenium aegyptium* dan *Eleusine indica* asal perkebunan nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Lampung Tengah telah mengalami resistensi sedang dan rendah terhadap herbisida diuron dengan nilai NR berturut-turut sebesar 10,14 dan 4,92. Pada dosis anjuran yaitu 960 g/ha gulma *Eleusine indica* terpapar yang diuji memiliki Nilai  $LT_{50}$  sebesar 21,054 HSA dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 551,20 g/ha, sedangkan gulma *Eleusine indica* tidak terpapar memiliki nilai  $LT_{50}$  sebesar 14,2 HSA dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 249,90 g/ha. Berdasarkan hasil penelitian Anjani (2018), gulma *Eleusine indica* asal perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan telah mengalami resistensi rendah terhadap herbisida glifosat dengan nilai Nisbah Resistensi (NR) sebesar 2,21.

Pada dosis anjuran yaitu 960 g/ha gulma *Eleusine indica* terpapar yang diuji memiliki Nilai  $LT_{50}$  sebesar 21,054 HSA dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 551,20 g/ha, sedangkan gulma *Eleusine indica* tidak terpapar memiliki nilai  $LT_{50}$  sebesar 14,2 HSA dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 249,90 g/ha.

*Median lethal time* ( $LT_{50}$ ) merupakan waktu yang dibutuhkan herbisida untuk dapat meracuni gulma sebesar 50%, sedangkan *Median effective dose* ( $ED_{50}$ ) merupakan banyaknya dosis herbisida yang menyebabkan penekanan gulma sebesar 50%. Gulma terpapar yang diuji memiliki nilai  $LT_{50}$  dan  $ED_{50}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar, hal tersebut menandakan bahwa gulma terpapar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat meracuni gulma sebesar 50% dan membutuhkan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50%.

Hasil penelitian Rahmadi (2020), gulma *Spenochlea zeylanica* asal pertanaman padi sawah Lampung Tengah telah mengalami resistensi rendah terhadap herbisida 2,4-D dan metil metsulfuron dengan nilai NR masing-masing sebesar 2,19 dan 2,87. Aktivitas fisiologi (laju asimilasi karbon, konduktansi stomata, dan transpirasi) gulma *Spenochlea zeylanica* resisten terhadap herbisida 2,4-D dan metil metsulfuron lebih tinggi dibandingkan dengan gulma yang sensitif.

Dilaporkan pula oleh Tampubolon *et al.*, (2018) bahwa Populasi *Eleusine indica* yang paling resisten pada perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Batu Bara Sumatera Utara terdapat pada ESU4.11 (afdeling 4 Kebun Tanah Gambus). Populasi *Eleusine indica* yang tergolong resisten glifosat sebesar 83,33% (10 populasi), tergolong moderat resisten-glifosat sebesar 16,67% (2 populasi) dan tidak ada populasi yang sensitif glifosat pada dosis rekomendasi 720 g/ha pada perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Batu Bara Sumatera Utara.

Banyaknya kasus resistensi yang mulai ditemukan di Indonesia menyebabkan tidak menutup kemungkinan bahwa telah terjadi resistensi di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations di Lampung Tengah. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi resistensi gulma terhadap herbisida diuron dan glifosat

yang digunakan di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations. Berdasarkan hasil penelitian tersebut dan diperkuat dengan uji aktivitas fisiologi yaitu laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi gulma sehingga akan diketahui apakah respon gulma yang diaplikasikan herbisida menunjukkan telah terjadi resistensi ataupun tidak. Penelitian ini diharapkan dapat memetakan gulma yang resisten terhadap herbisida, sehingga dapat membantu para pelaku usaha pertanian untuk mengembangkan strategi manajemen penanganan gulma resisten yang tepat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Berapakah lama waktu ( $LT_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat dalam meracuni gulma terpapar dan tidak terpapar?
2. Berapakah dosis efektif ( $ED_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat untuk meracuni gulma yang terpapar dan tidak terpapar?
3. Bagaimana perbedaan aktivitas fisiologi pada gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida diuron dan glifosat?
4. Apakah terjadi resistensi pada gulma yang terpapar herbisida diuron dan glifosat?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui waktu ( $LT_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat dalam meracuni gulma terpapar dan tidak terpapar

2. Mengetahui nilai dosis efektif ( $ED_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat untuk meracuni gulma terpapar dan tidak terpapar
3. Mengetahui perbedaan aktivitas fisiologi pada gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida diuron dan glifosat
4. Mengetahui status resistensi gulma yang terpapar herbisida diuron dan glifosat

#### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Gulma pada lahan budidaya dapat menyebabkan terjadinya kompetisi terhadap pemanfaatan sarana tumbuh dengan tanaman sehingga perlu dikendalikan. Kompetisi terhadap sarana tumbuh dengan tanaman meliputi pemanfaatan cahaya matahari, ruang tumbuh,  $CO_2$ , air, dan unsur hara yang pada akhirnya dapat menyebabkan penurunan kualitas dan kuantitas hasil tanaman yang dibudidayakan. Pengendalian gulma dapat dilakukan secara preventif (pencegahan), mekanik, kultur teknik, pengendalian hayati, kimiawi, dan secara terpadu. Metode pengendalian gulma yang umum digunakan pada skala yang luas seperti perkebunan ialah secara kimiawi dengan menggunakan herbisida. Pengendalian gulma dengan menggunakan herbisida dianggap lebih efektif dan efisien dalam segi waktu, tenaga, dan biaya karena lebih memberikan hasil yang nyata dalam waktu yang singkat.

Herbisida yang digunakan di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations Lampung selama kurang lebih 15 tahun terakhir adalah herbisida berbahan aktif diuron, glifosat, ametrin, parakuat, dan 2,4 D (Musrianto, 2022). Herbisida diuron ialah herbisida sistemik yang selektif terhadap gulma rumput dan daun lebar. Herbisida glifosat ialah herbisida sistemik berspektrum luas dan nonselektif. Mekanisme kerja herbisida diuron ialah dengan menghambat aktivitas fotosintesis pada PSII, sedangkan herbisida glifosat bekerja dengan menghambat biosintesis asam amino fenilalanin, tirosin, dan triptofan sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan gulma terhambat dan pada akhirnya dapat dikendalikan.

Penggunaan herbisida diuron dan glifosat di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations telah berlangsung selama puluhan tahun (Musrianto, 2022).

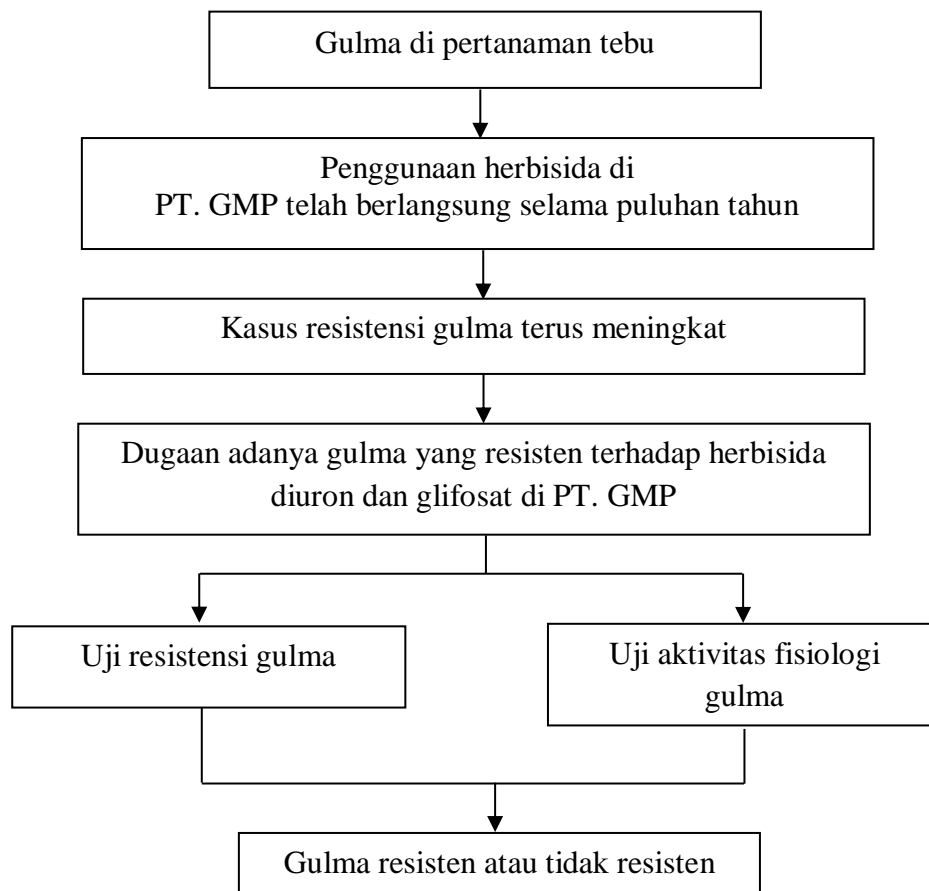
Penggunaan herbisida dengan mekanisme kerja yang sama dalam jangka waktu yang lama dapat mengakibatkan terjadinya resistensi. Resistensi gulma ialah kemampuan gulma untuk tetap dapat bertahan hidup meskipun telah diaplikasikan herbisida dengan dosis yang dianjurkan. Menurut Purba (2009), populasi resisten terbentuk akibat adanya tekanan seleksi oleh penggunaan herbisida sejenis secara berulang-ulang dalam periode waktu yang lama, sedangkan gulma toleran herbisida tidak melalui proses tekanan seleksi.

Kasus resistensi gulma terus meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan hasil penelitian Sari<sup>a</sup> (2019) di perkebunan nanas Lampung Tengah dan kelapa sawit Lampung Selatan, menunjukkan bahwa gulma *Eleusine indica* mengalami resistensi yang tergolong rendah terhadap herbisida glifosat dengan nilai NR sebesar 2,32. Perbedaan signifikan terdapat pada nilai  $LT_{50}$  dan  $ED_{50}$  gulma *Eleusine indica* yang diuji. Gulma *Eleusine indica* terpapar memiliki nilai  $LT_{50}$  sebesar 46,98 HSA pada dosis anjuran yaitu 960 g/ha, dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 1.896,39 g/ha, sedangkan gulma *Eleusine indica* tidak terpapar memiliki nilai  $LT_{50}$  sebesar 21,25 HSA dan nilai  $ED_{50}$  sebesar 816,167 g/ha. *Median lethal time* ( $LT_{50}$ ) merupakan waktu yang dibutuhkan herbisida untuk dapat meracuni gulma sebesar 50%, sedangkan *Median effective dose* ( $ED_{50}$ ) merupakan banyaknya dosis herbisida yang menyebabkan penekanan gulma sebesar 50%. Gulma terpapar yang diuji memiliki nilai  $LT_{50}$  dan  $ED_{50}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar, hal tersebut menandakan bahwa gulma terpapar membutuhkan waktu yang lebih lama untuk dapat teracuni sebesar 50% dan membutuhkan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50%.

Berdasarkan hasil penelitian Kusumayuni (2021), gulma *Eleusine indica* asal perkebunan nanas Lampung Tengah yang terpapar diuron membutuhkan dosis yang lebih tinggi untuk menekan gulma sebesar 50% dengan nilai  $ED_{50}$  sebesar 11.296 g/ha, sedangkan gulma tidak terpapar sebesar 278,18 g/ha. Gulma

*Eleusine indica* yang diuji memiliki nilai NR sebesar 40,61 dan tergolong resisten tinggi terhadap herbisida diuron.

Banyaknya kasus resistensi gulma di Indonesia sehingga tidak menutup kemungkinan bahwa telah terdapat gulma yang resisten di PT. Gunung Madu Plantations. Oleh karena itu dilakukan pengujian resistensi gulma dengan cara membandingkan antara gulma yang terpapar (sering diaplikasikan) dengan gulma yang tidak terpapar (tidak pernah diaplikasikan) herbisida. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai persen keracunan, nilai  $LT_{50}$  dan  $ED_{50}$  antara gulma yang terpapar dan tidak terpapar, serta nilai NR sehingga diperoleh status resistensi gulma yang diuji. Hasil pengujian kemudian diperkuat dengan hasil uji terhadap aktivitas fisiologi gulma seperti laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi. Berdasarkan keterangan di atas, maka penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui respon gulma di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations terhadap herbisida diuron dan glifosat.



Gambar 1. Bagan kerangka pemikiran

## 1.5 Hipotesis

Untuk menjawab rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Waktu ( $LT_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat untuk meracuni gulma terpapar lebih lambat dibandingkan dengan gulma tidak terpapar
2. Dosis efektif ( $ED_{50}$ ) herbisida diuron dan glifosat untuk meracuni gulma terpapar lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar
3. Aktivitas fisiologi gulma terpapar lebih tinggi dibandingkan gulma tidak terpapar
4. Terjadi resistensi pada gulma yang terpapar herbisida diuron dan glifosat

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.)

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan tanaman yang termasuk ke dalam famili poaceae yang dibudidayakan sebagai tanaman penghasil gula. Batang tanaman tebu terdiri dari ruas-ruas yang dibatasi dengan buku-buku. Diameter batang antara 3-5 cm dengan tinggi batang antara 2-5 m dan tidak bercabang. Akar tanaman tebu ialah akar serabut. Daun tebu berbentuk busur panah seperti pita, berseling kanan dan kiri, berpelelah seperti daun jagung dan tak bertangkai. Bunga tebu berupa malai dengan panjang antara 50-80 cm yang terdiri dari putik dengan dua kepala putik dan bakal biji (Indrawanto *et al.*, 2010).

Klasifikasi tanaman tebu:

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Monocotyledone

Ordo : Graminales

Famili : Graminae

Genus : *Saccharum*

Species : *Saccharum officinarum* L.

Loganandhan *et al.*, (2012) menyatakan bahwa tebu dapat menjadi salah satu tanaman yang dapat menyumbang perekonomian nasional dan sumber mata pencaharian bagi jutaan petani. Sebagai produk olahan tebu, gula merupakan komoditas penting bagi masyarakat dan perekonomian di Indonesia baik sebagai



kebutuhan pokok maupun sebagai bahan baku makanan atau minuman. Bertambahnya jumlah penduduk mengakibatkan kebutuhan gula semakin meningkat, tetapi peningkatan konsumsi gula belum dapat diimbangi oleh produksi gula dalam negeri. Menurut data Badan Pusat Statistik (2021), volume impor gula Indonesia masih berfluktuatif, pada tahun 2018 terjadi peningkatan volume impor gula dari tahun sebelumnya menjadi 5.028.853 kg, kemudian menurun pada tahun 2019 menjadi 4.090.053 kg, namun kembali meningkat pada tahun 2020 menjadi 5.539.678 kg. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa ketersediaan gula di Indonesia belum memenuhi kebutuhan masyarakat karena masih mengimpor gula dari luar negeri.

## **2.2 Gulma**

Gulma merupakan tumbuhan pengganggu yang keberadaannya tidak diinginkan manusia karena dapat mengakibatkan kerugian pada lahan budidaya jika tidak dikendalikan. Gejala kerusakan tebu akibat kompetisi gulma dengan tanaman tidak langsung terlihat dampaknya, sehingga pengendalian gulma sering terlambat dan menyebabkan tanaman sudah memasuki periode kritis, hal tersebut mengakibatkan terganggunya pertumbuhan dan berakhir pada penurunan produksi tebu (Balittas, 2019).

Gulma memiliki daya adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan yang kurang mendukung, jumlah biji yang dihasilkan lebih banyak, daya kompetisi tinggi, waktu dormansi biji yang lama, tingginya daya bertahan hidup pada keadaan lingkungan tumbuh yang tidak menguntungkan, serta dapat berkembangbiak lebih banyak dan cepat dibandingkan dengan tanaman. Jumlah biji gulma yang mampu berkecambah dan tahan terhadap pengendalian akan menentukan tingkat kerugian yang timbul pada tanaman setiap musimnya. Biji gulma yang ada di dalam tanah atau simpanan biji (*seed bank*) yang berada di permukaan tanah akan tumbuh pada musim atau periode berikutnya (Paiman, 2020).

Laju pertumbuhan gulma yang tinggi merupakan hasil efisiensi penggunaan cahaya. Laju pertumbuhan yang tinggi membuat gulma mudah tumbuh di ruang kosong, lebih awal dan lebih cepat dari spesies tumbuhan lain, terutama dibandingkan dengan tanaman yang dibudidayakan. Berdasarkan perannya dalam proses suksesi dan kemampuannya untuk tumbuh dan berkembang dengan cepat, gulma sering diklasifikasikan sebagai tanaman pionir sehingga memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga keseimbangan dan kelestarian ekosistem (Sriyani *et al.*, 2014).

Faktor yang memengaruhi kompetisi gulma dengan tanaman yaitu:

1. Spesies atau jenis gulma  
Perbedaan spesies akan menentukan kemampuan daya bersaing karena memiliki perbedaan pada morfologi gulma, sehingga efisiensi pada proses fotosintesis pun akan berbeda-beda.
2. Kepadatan gulma  
Kepadatan atau kerapatan populasi gulma akan menentukan tingkat persaingan terhadap tanaman. Pada musim hujan kepadatan gulma relatif lebih tinggi dibandingkan musim kemarau.
3. Saat dan lama persaingan  
Gulma yang tumbuh lebih dahulu atau bersamaan dengan tanaman yang dibudidayakan akan berdampak terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Persaingan gulma pada awal pertumbuhan akan mengurangi kuantitas hasil, sedangkan persaingan dan gangguan gulma menjelang panen berpengaruh besar terhadap kualitas hasil.
4. Varietas yang ditanam  
Perbedaan teknik budidaya dan varietas tanaman yang ditanam menentukan tingginya persaingan gulma dengan tanaman.
5. Tingkat kesuburan tanah  
Tingkat ketersediaan unsur hara akan menentukan tingginya persaingan gulma dengan tanaman (Da-Lopez dan Djaelani, 2017).

Menurut Paiman (2020), besarnya penurunan hasil tanaman tergantung pada varietas tanaman, kesuburan tanah, jenis dan kerapatan gulma, lamanya kompetisi, serta teknik budidaya yang diterapkan. Gulma juga menyebabkan kesulitan dalam proses budidaya di lahan, seperti pengolahan tanah, penyiangan, dan pemanenan yang dapat menyebabkan peningkatan biaya produksi. Menurut Oerke (2006), secara keseluruhan kehilangan hasil pertanian yang disebabkan oleh keberadaan gulma ialah sebesar 34% dari potensi hasil, hama sebesar 18%, dan patogen sebesar 16%.

Tingkat persaingan gulma dan tanaman tergantung pada curah hujan, varietas, kondisi tanah, kerapatan gulma, lamanya tanaman dan gulma bersaing, serta umur tanaman saat gulma mulai bersaing. Oleh sebab itu secara ekonomi gulma sangat merugikan usaha pertanian karena membutuhkan biaya untuk pengendalian gulma yang cukup besar, seringkali lebih mahal dari biaya pengendalian hama dan penyakit (Pane dan Jatmiko, 2002). Gulma dominan yang ada di perkebunan tebu PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah adalah gulma *Dactyloctenium aegyptium*, *Cynodon dactylon*, *Cyperus rotundus*, *Eleusine indica*, *Richardia brasiliensis*, *Borreria alata*, dan *Digitaria ciliaris*. Gulma yang akan diuji pada penelitian ini ialah gulma *Cynodon dactylon* terhadap herbisida diuron dan gulma *Eleusine indica* terhadap herbisida glifosat.

### **2.2.1 Gulma *Cynodon dactylon***

Klasifikasi gulma *Cynodon dactylon* yaitu:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Monocotyledonae

Ordo : Poales

Famili : Poaceae

Genus : *Cynodon*

Spesies : *Cynodon dactylon*



Gambar 2. Gulma *Cynodon dactylon*. Keterangan: (a) Kondisi gulma di lapangan, (b) Gulma dewasa, (c) Biji gulma, (d) Bunga gulma (Sriyani *et al.*, 2014)

Gulma *Cynodon dactylon* (Gambar 2) memiliki stolon, terdapat rimpang-rimpang di setiap *node*, dan tumbuh merambat. Batang berbentuk agak pipih dengan panjang pada umumnya dapat mencapai 30 cm dan panjang daun 2-15 cm. Lebar daun 4 mm dengan bentuk ujung daun yang lancip. Biji gulma *Cynodon dactylon* berbentuk bulat telur berukuran sekitar 1,5 mm berwarna kuning kemerahan (Rita *et al.*, 2012).

*Cynodon dactylon* merupakan gulma rumput yang dapat ditemukan di tempat yang terbuka dengan intensitas cahaya matahari yang tinggi maupun tempat yang teduh, dapat tumbuh baik pada kondisi tanah yang kering ataupun lembab, serta di tanah yang keras. Gulma *Cynodon dactylon* pula dapat tumbuh di sepanjang tepi jalan, lahan terbuka, dan pada lahan sawah. Penyebaran gulma *Cynodon dactylon* telah ditemukan di negara-negara pantropis dan subtropis, serta telah banyak ditemukan di Pulau Sumatera, Indonesia (Sriyani *et al.*, 2014). Gulma *Cynodon dactylon* dapat mentolerir berbagai kondisi dan jenis tanah, namun memiliki pertumbuhan yang lebih baik pada tanah liat dibandingkan dengan tanah pasir, serta dapat mentolerir tingkat kesuburan tanah yang rendah (Rita *et al.*, 2012).

### 2.2.2 Gulma *Eleusine indica*

Klasifikasi gulma *Eleusine indica* yaitu:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

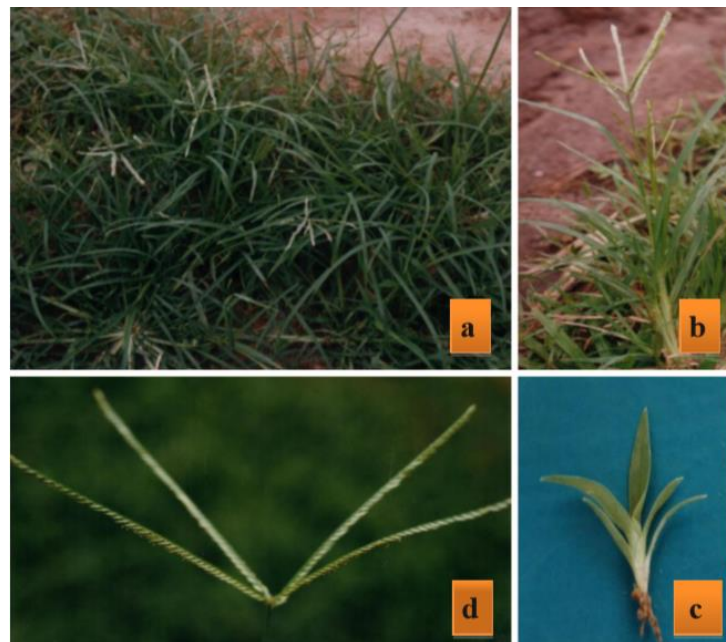
Kelas : Liliopsida

Ordo : Poales

Famili : Poaceae

Genus : *Eleusine*

Spesies : *Eleusine indica*



Gambar 3. Gulma *Eleusine indica*. Keterangan: (a) Kondisi gulma di lapangan, (b) Gulma dewasa, (C) Gulma muda, (D) Bunga gulma (Sriyani *et al.*, 2014)

Gulma *Eleusine indica* (Gambar 3) tumbuh membentuk roset dengan batang yang memancar ke luar, berwarna hijau pucat cenderung putih pada pangkal batangnya, memiliki daun yang terlipat, serta memiliki bunga yang terdiri dari 2-13 spikelet pipih yang menyatu membentuk jari dengan buah yang berukuran kecil berwarna cokelat kemerahan yang terlapis oleh membran tipis dan dapat memproduksi benih hingga 140.000 benih per gulma (Boyd *et al.*, 2021).

*Eleusine indica* merupakan gulma rumput yang dapat ditemukan di tempat yang terbuka, teduh, tidak terlalu kering, di sepanjang tepi jalan, saluran irigasi, kebun, dan pada lahan yang dibudidayakan. Gulma *Eleusine indica* dapat beradaptasi dengan baik dari dataran rendah hingga ketinggian 2000 m dan merupakan gulma yang invasif. Penyebaran gulma *Eleusine indica* telah ditemukan di negara-negara pantropis dan subtropis terutama Amerika Tengah, Amerika Selatan, Amerika Timur, Afrika Barat, Cina bagian Selatan, Asia Tenggara, Hawaii, dan Indonesia (Sriyani *et al.*, 2014).

### 2.3 Pengendalian Gulma di Perkebunan Tebu

Pengendalian gulma di lahan pertanaman tebu perlu dilakukan agar tidak menyebabkan kerugian. Pengendalian gulma yang umum digunakan pada skala yang luas ialah secara kimiawi yaitu dengan menggunakan herbisida karena dianggap lebih efektif dan efisien dalam segi waktu dan biaya dibandingkan dengan pengendalian lainnya. Herbisida yang umum digunakan pada perkebunan tebu antara lain ialah herbisida berbahan aktif diuron, ametrin, atrazine, metribuzin, flumioxazin, dan glifosat. Berdasarkan hasil penelitian Ningrum *et al.*, (2014), bahwa herbisida ametrin dosis 2,5 kg/ha mampu menekan pertumbuhan gulma total dan daun lebar pada pertanaman tebu hingga 12 MSA dan tidak ditemukan adanya gejala fitotoksisitas. Hal ini sejalan dengan data pengamatan tinggi dan populasi tanaman yang menunjukkan herbisida ametrin tidak memengaruhi pertumbuhan dan pembentukan anakan tanaman tebu.

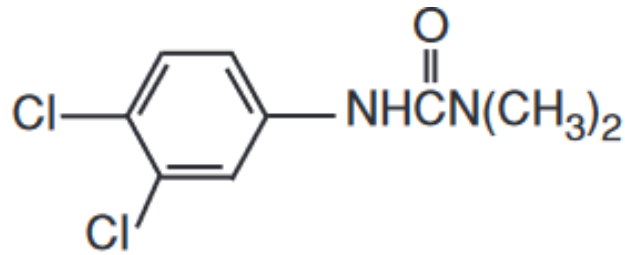
Herbisida flumioxazin dapat digunakan secara pratumbuh dan pasca tumbuh. Mekanisme kerja herbisida flumioxazin yaitu dengan menghambat kerja enzim *protoporphyrinogen oxidase*. Hasil penelitian Pariyanto *et al.*, (2015) menyatakan bahwa herbisida flumioxazin pada semua taraf dosis yang diuji (75–250 g/ha) efektif dalam mengendalikan pertumbuhan gulma total, gulma golongan daun lebar dan gulma *Richardia brasiliensis* pada 30, 60, dan 90 HSA serta tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman tebu pada 30, 60, dan 90 HSA.

Hasil penelitian oleh Manalu dan Tyasmoro (2018) menunjukkan bahwa pengendalian gulma dengan menggunakan herbisida ametrin dan diuron yang diaplikasikan secara tunggal efektif dalam menekan pertumbuhan gulma yang dinyatakan dalam bobot kering gulma. Aplikasi campuran herbisida ametrin + diuron (dosis 3kg/ha + 1,5 kg/ha) merupakan dosis herbisida yang mampu menekan pertumbuhan gulma dan menghasilkan pertumbuhan tanaman yang baik. Dilaporkan oleh Begum and Bordoloi (2016), bahwa aplikasi herbisida metribuzine dengan dosis 1 kg/ha yang dicampur dengan herbisida 2,4 D 1 kg/ha pada 45 hari setelah inisiasi ratoon tebu dapat menekan pertumbuhan gulma dan menghasilkan bobot kering gulma terendah yaitu sebesar 17.6 g/m<sup>2</sup>.

#### **2.4 Herbisida Diuron**

Herbisida diuron merupakan salah satu herbisida golongan urea. Diuron pertama kali dikenalkan pada tahun 1966 di Amerika Serikat oleh E.I duPont de Nemours and company dengan nama kimia 3-(3,4-dichlorophenyl)-1,1-dimethylurea. Penggunaan herbisida diuron di Amerika mencapai 2-4 juta pound pertahun. Mekanisme kerja herbisida diuron ialah dengan menghambat proses transport elektron yang merupakan titik penting dalam proses fotosintesis (Cox, 2003). Herbisida diuron berspektrum luas yang dapat diaplikasikan pada saat pratumuh ataupun pascatumuh dengan formulasi pada umumnya ialah bubuk (WP) dan suspensi (SC) (Tantarawongsa and Ketrot, 2018).

Diuron merupakan herbisida selektif untuk gulma berdaun lebar dan rumput. Diuron dapat dengan mudah diserap melalui sistem perakaran tumbuhan namun kurang mudah diserap melalui daun dan batang. Diuron merupakan herbisida penghambat pada fotosintesis II melalui reaksi Hill. Reaksi Hill melibatkan transfer elektron dari air ke penerima elektron, yang memungkinkan penangkapan cahaya oleh klorofil. Diuron menghambat transfer sehingga menghambat pembentukan ATP dan NADPH yang dibutuhkan oleh tanaman dalam berbagai reaksi biokimia (APVMA, 2011).



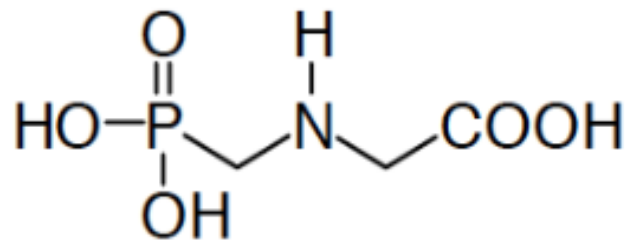
Gambar 4. Rumus bangun diuron (Cox, 2003).

Hasil penelitian Alfredo *et al.*, (2012) menyimpulkan bahwa herbisida diuron dengan dosis 2.000 g/ha mampu menekan pertumbuhan gulma total dan tidak meracuni serta memengaruhi pertumbuhan tanaman tebu. Dilaporkan pula oleh Manalu dan Tyasmoro (2018) bahwa herbisida diuron dengan dosis 1.500 g/ha mampu menekan pertumbuhan gulma hingga 9 minggu setelah tanam yang dinyatakan dalam bobot kering gulma pada tanaman tebu. Hasil penelitian Sa'diyah *et al.*, (2021) menyatakan bahwa herbisida diuron pada dosis 2,0 kg/ha efektif menekan pertumbuhan gulma tanpa menghambat pertumbuhan tanaman nanas dan menghasilkan bobot kering yang lebih rendah dibandingkan dengan dosis lainnya, sehingga efektif mengendalikan gulma hingga 6 MSA di pertanaman nanas pada fase vegetatif Lampung Tengah.

## 2.5 Herbisida Glifosat

Herbisida glifosat pertama dikomersialkan pada tahun 1974 dan hingga saat ini paling banyak digunakan di seluruh dunia. Glifosat merupakan herbisida nonselektif yang berspektrum luas, bersifat sistemik, dan diaplikasikan pada saat pascatumbuh. Mekanisme kerja glifosat yaitu dengan menghambat biosintesis asam amino aromatic (phenylalanine, tryptophan, dan tyrosine) melalui penghambatan enzim 5-enol-pyruvylshikimate-3-phosphatase synthase (EPSP synthase) (Nandula *et al.*, 2005).





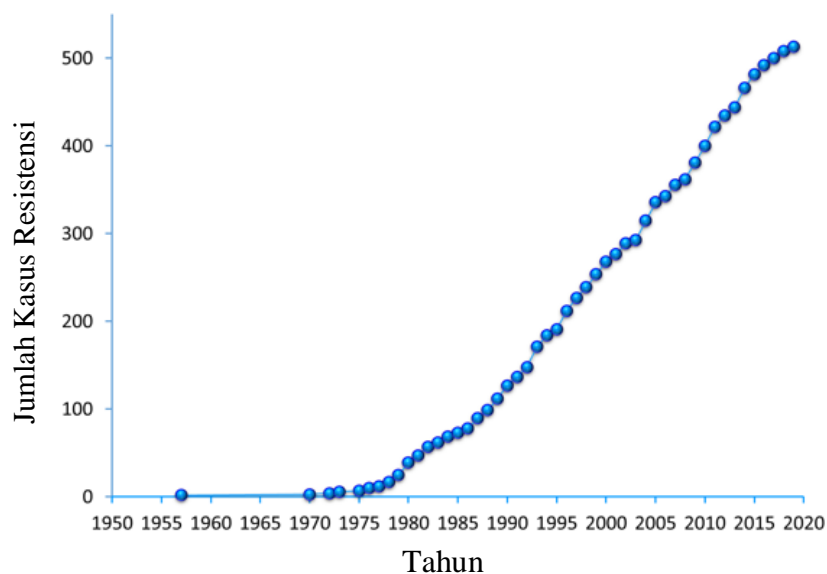
Gambar 5. Rumus bangun glifosat (FAO, 2016).

Menurut Duke and Powles (2008) herbisida glifosat mengikat dan memblokir aktivitas enzim EPSP-synthase yang berperan penting dalam mengubah karbohidrat sederhana dari glikolisis dan jalur fosfat menjadi asam amino aromatik dan bentuk lainnya yang berperan penting untuk metabolisme tumbuhan. Dilaporkan oleh Mukarromah *et al.*, (2014) berdasarkan data bobot kering gulma total, persentase keracunan, dan bobot kering gulma pergolongan sehingga dapat disimpulkan bahwa herbisida glifosat dosis 1080-2160 g/ha mampu menekan pertumbuhan gulma serta tidak menyebabkan keracunan pada tanaman kelapa sawit. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Oktavia *et al.*, (2014) bahwa herbisida glifosat dengan dosis 720-1440 g/ha mampu menekan pertumbuhan gulma total, gulma golongan rumput dan gulma dominan pada tanaman karet dari 4 MSA hingga 12 MSA.

## 2.6 Batasan dan Perkembangan Resistensi Gulma

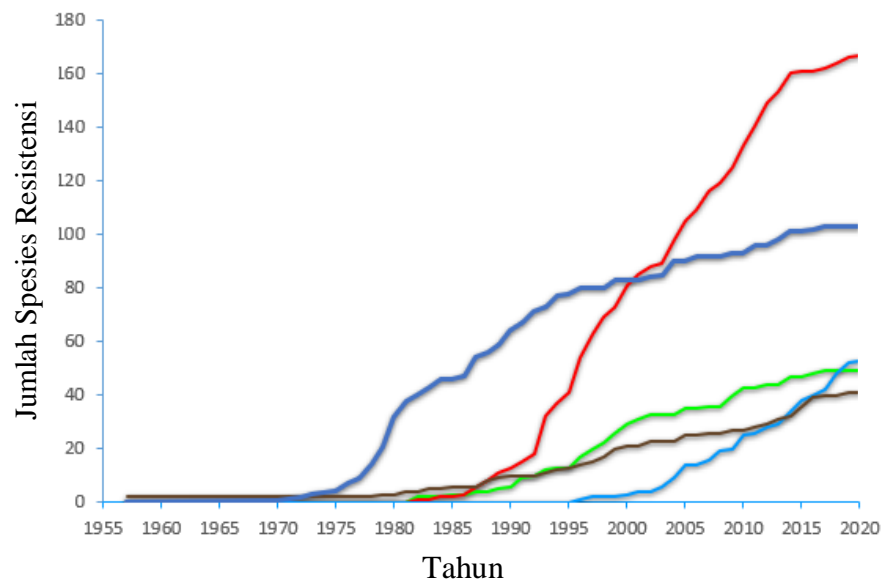
Resistensi terjadi akibat penggunaan herbisida dengan mekanisme kerja yang sama dalam jangka waktu yang lama pada suatu areal sehingga gulma menjadi toleran terhadap herbisida. Gulma yang resisten tetap dapat bertahan hidup dan bereproduksi meskipun telah diaplikasikan dengan menggunakan dosis herbisida yang umumnya efektif mengendalikan gulma tersebut. Menurut FAO (2012), resistensi terjadi ketika mutasi genetik yang terjadi secara alami menyebabkan sebagian kecil populasi berusaha untuk bertahan dan melawan efek herbisida. Jika herbisida yang sama digunakan terus-menerus, organisme yang resisten akan bereproduksi dan terjadi perubahan genetik yang menyebabkan resistensi akan

ditransfer dari induk ke keturunannya. Melalui “proses seleksi” ini, organisme yang resisten akhirnya menjadi banyak dan akan sulit dikendalikan. Berdasarkan data Heap (2021), hingga saat ini terdapat 509 kasus unik (spesies x lokasi aksi) gulma tahan herbisida secara global, dengan 266 spesies (153 dikotil dan 113 monokotil). Gulma telah mengembangkan resistensi terhadap 21 dari 31 lokasi aksi herbisida yang diketahui dan terhadap 164 herbisida yang berbeda. Gulma resisten herbisida telah dilaporkan di 95 tumbuhan dari 71 negara.



Gambar 6. Perkembangan kasus resistensi di dunia (Heap, 2021)

Kasus resistensi gulma di dunia terus meningkat (Gambar 6). Pada tahun 2005 terdapat 337 biotipe gulma yang resisten, kemudian menjadi 498 biotipe pada tahun 2018 dan hingga pada tahun 2020 mencapai 509 biotipe gulma. Terdapat 3 level resistensi herbisida yaitu resistensi tunggal, resistensi silang dan resistensi ganda. Resistensi tunggal terjadi ketika gulma mengalami resistensi hanya pada satu grup herbisida dan/atau satu *mode of action*, contohnya resisten terhadap glifosat. Resistensi silang terjadi ketika gulma resisten terhadap satu atau lebih grup herbisida dengan *mode of action* yang sama, contohnya resisten terhadap herbisida sulfonylurea dan imidazolinone, yang keduanya termasuk dalam *mode of action* ALS. Resistensi ganda terjadi ketika gulma resisten terhadap lebih dari dua grup herbisida dan lebih dari dua *mode of action* herbisida, contohnya resisten terhadap Pursuit (ALS) dan Roundup (glifosat) (Knezevic and Jhala, 2017).



Gambar 7. Perkembangan jumlah spesies gulma yang resisten berdasarkan mekanisme kerja herbisida (Heap, 2021).

Keterangan:

- *ACCase inhibitors*
- *ALS inhibitors*
- *Synthetic Auxins*
- *PSII inhibitors*
- *EPSP synthase inhibitors*

Perkembangan jumlah spesies gulma yang resisten terhadap beberapa mekanisme herbisida semakin meningkat dari tahun ke tahun. Menurut Heap (2021), jumlah tertinggi spesies gulma yang resisten di dunia berturut-turut berasal dari herbisida dengan mekanisme kerja *ALS inhibitors*, *PSII inhibitors*, *EPSP Synthase inhibitors*, *ACCase inhibitors*, dan *Synthetic auxins* (Gambar 7).

Jumlah spesies gulma yang resisten terhadap herbisida dengan mekanisme kerja *PSII inhibitors* sebanyak 93 spesies pada tahun 2010, kemudian meningkat menjadi 101 spesies pada tahun 2015, dan terus meningkat hingga 103 spesies pada tahun 2020. Pada herbisida dengan mekanisme kerja *EPSP inhibitors* jumlah spesies gulma yang resisten ialah sebanyak 25 spesies pada tahun 2010, kemudian meningkat menjadi 38 spesies pada tahun 2015, dan meningkat menjadi 53 spesies pada tahun 2020. Herbisida diuron merupakan herbisida dengan

mekanisme kerja PSII *inhibitors* yang memiliki jumlah spesies gulma resisten tertinggi kedua dan herbisida glifosat dengan mekanisme kerja *EPSP inhibitors* yang memiliki jumlah spesies gulma resisten tertinggi ketiga dari kelima mekanisme kerja herbisida yang ditampilkan pada Gambar 7.

Mekanisme resistensi terbagi menjadi dua, yaitu mekanisme resistensi situs target (TSR) dan mekanisme resistensi non situs target (NTSR). Keefektifan herbisida dalam mengendalikan gulma umumnya tergantung pada seberapa banyak herbisida yang masuk ke dalam sel gulma dan seberapa lama bentuk aktifnya tetap tersedia untuk bekerja di situs target. Mekanisme TSR bekerja dengan mengubah urutan asam amino dan peningkatan ekspresi enzim target, mengurangi kemampuan herbisida untuk menghambat enzim atau membutuhkan konsentrasi herbisida yang lebih tinggi untuk dapat menghambat pertumbuhan gulma. Mekanisme NTSR mencakup semua mekanisme yang menyebabkan pengurangan bahan aktif herbisida yang tersedia di situs target, serta mekanisme yang memungkinkan gulma mengatasi penghambatan situs target seperti pengurangan serapan dan translokasi herbisida, serta peningkatan degradasi atau metabolisme herbisida menjadi senyawa yang kurang beracun (Gaines *et al.*, 2020).

Mekanisme resistensi TSR dan NTSR dapat terjadi bersamaan di dalam satu spesies, satu populasi, dan bahkan dalam satu individu. Beberapa mekanisme resistensi dapat terjadi bersamaan melalui penyerbukan silang antar individu. Spesies tumbuhan dengan penyerbukan silang memiliki peluang yang lebih tinggi untuk mengakumulasi lebih dari satu jenis mekanisme resistensi dan proses ini terjadi lebih cepat dibandingkan dengan spesies yang melakukan penyerbukan sendiri (Gaines *et al.*, 2020).

Sifat genetik yang diwariskan dari mekanisme resistensi yang berbeda memiliki implikasi evolusioner, seperti seberapa cepat seleksi dapat terjadi dan seberapa sering mekanisme resistensi dapat terjadi pada populasi yang tidak terseleksi. Khususnya TSR yang menyebabkan terjadinya perubahan enzim tunggal sehingga diwariskan sebagai sifat gen tunggal. Oleh karena itu evolusi dapat

terjadi dengan cepat dan dapat menyebar secara efektif baik melalui biji maupun serbuk sari (Jasieniuk *et al.*, 1996).

Resistensi situs target (TSR) terjadi ketika adanya mutasi nukleotida tunggal pada gen yang mengkode protein yang diikat oleh herbisida, sehingga mengakibatkan perubahan asam amino tunggal dan menghambat herbisida untuk mengikat protein tanpa menonaktifkan fungsi enzim. Dalam beberapa kasus, mutasi situs target dapat menyebabkan resistensi tingkat tinggi, dan dalam kasus lain menyebabkan resistensi tingkat rendah (Gaines *et al.*, 2020).

Mekanisme resistensi situs non-target (NTSR) dapat terjadi karena:

1. Pengurangan penyerapan herbisida  
Pengurangan penyerapan herbisida oleh gulma dapat disebabkan beberapa faktor seperti perbedaan morfologi daun (ketebalan kutikula, adanya bulu halus pada daun, dan adanya kelenjar *lysigenous* yang terlibat dalam produksi dan penyimpanan metabolit sekunder sehingga mencegah herbisida lipofilik mencapai situs target), dan perbedaan morfologi akar (Gaines *et al.*, 2020).
2. Pengurangan translokasi dan sekuestrasi vakuolar  
Pengurangan translokasi herbisida yang terjadi pada herbisida sistemik terjadi ketika herbisida tertahan di daun utama tempat herbisida di aplikasikan dan dicegah bertranslokasi ke titik tumbuh. Mekanisme menjebak herbisida di daun utama (misalnya melalui sekuestrasi dalam vakuola atau trikoma daun) atau mencegah pergerakannya ke titik tumbuh melintasi penghalang membran (melalui aktivitas transpor membran aktif yang diubah) akan mengurangi jumlah herbisida yang ditranslokasikan (Gaines *et al.*, 2020).
3. Perubahan metabolisme  
Tumbuhan memiliki sejumlah besar enzim penyandi gen yang melakukan reaksi biokimia untuk sintesis metabolit sekunder dan untuk mendetoksifikasi senyawa xenobiotik misalnya herbisida (Yuan *et al.*, 2007). Tanaman dapat memetabolisme herbisida menjadi produk penguraian yang tidak berbahaya yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan gulma, sehingga herbisida tidak

dapat meracuni tanaman. Detoksifikasi herbisida umumnya dibagi menjadi tiga fase. Fase I melibatkan penambahan gugus fungsi ke herbisida melalui oksidasi, reduksi, atau hidrolisis. Fase II melibatkan proses yang lebih kompleks pada herbisida seperti konjugasi. Fase III melibatkan kompartementalisasi metabolit herbisida dalam vakuola atau penggabungan ke dalam dinding sel. Peningkatan metabolisme herbisida menjadi masalah karena dapat menyebabkan resistensi terhadap satu herbisida dan herbisida lain dengan mekanisme kerja yang sama (Gaines *et al.*, 2020).

## 2.7 Resistensi Gulma Terhadap Herbisida Diuron dan Glifosat

Adanya kasus resistensi gulma terhadap herbisida penghambat fotosistem II dan penghambat enzim 5-enolpyruvylshikimate3-phosphate synthase (EPSP *synthase*) telah banyak dilaporkan. Resistensi situs target pertama yang ditemukan adalah untuk herbisida penghambat fotosistem II (PSII), yang bersaing dengan plastoquinone untuk mengikat protein D1 yang dikodekan oleh gen *psbA* sehingga menghambat transpor elektron PSII. Substitusi asam amino di gen *psbA* umumnya menyebabkan resisten tinggi terhadap salah satu golongan herbisida, tetapi tidak untuk herbisida dari golongan lain. Misalnya, perubahan asam amino tunggal Ser264Gly menyebabkan resistensi tingkat tinggi terhadap herbisida triazina pada banyak spesies di seluruh dunia, tetapi tidak terhadap famili nitril atau triazinon (Gronwald *et al.*, 1994; Gaines *et al.*, 2020).

Glifosat menghambat enzim 5-enolpyruvylshikimate3-phosphate synthase (EPSP *synthase*), yang merupakan enzim yang berperan penting pada jalur shikimate. Mutasi pada gen EPSP telah dilaporkan terjadi pada gulma. Mutasi situs target EPSP *synthase* yang paling banyak terjadi pada gulma terletak di residu Pro106 dengan menggunakan system penomoran Arabidopsis. Mutasi yang terjadi pada gulma termasuk Pro106 ke Ser, Thr, Ala, atau Leu. Glyphosate menghambat EPSP *synthase* dengan cara bersaing dengan substrat phosphoenolpyruvate (PEP) untuk mengikat enzim. Residu Pro106 tidak secara langsung terlibat dalam

interaksi molekuler, tetapi berperan pada situs target. Hal tersebut akan meningkatkan konstanta penghambatan (untuk menurunkan laju reaksi menjadi setengah dari nilai tanpa hambatan) pada glifosat. Peningkatan konstanta penghambatan untuk EPSP *synthase* dan mutasi yang terjadi merupakan penyebab adanya resistensi, karena lebih banyak glifosat yang diperlukan untuk menghambat jumlah enzim yang setara (Sammons and Gaines, 2014).

Berdasarkan hasil penelitian Sari<sup>a</sup> (2019) di perkebunan nanas Lampung Tengah dan kelapa sawit Lampung Selatan, menunjukkan bahwa gulma *Asystasia gangetica* mengalami resistensi yang tergolong rendah terhadap herbisida glifosat dengan nilai NR sebesar 2,87. Perbedaan signifikan terdapat pada nilai  $LT_{50}$  dan  $ED_{50}$  gulma *Asystasia gangetica* yang diuji. Gulma *Asystasia gangetica* terpapar memiliki nilai  $LT_{50}$  dan nilai  $ED_{50}$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar.

Dilaporkan oleh Tampubolon dan Purba (2018), bahwa beberapa kebun kelapa sawit di Kabupaten Langkat, Sumatera Utara yang menggunakan herbisida glifosat untuk mengendalikan gulma, tidak lagi efektif mengendalikan gulma *Eleusine indica*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi *Eleusine indica* yang berasal dari afdeling 9 Kebun Sawit Seberang Langkat telah resisten terhadap glifosat pada dosis 720 g/ha pada Tahun 2017. Resistensi tersebut terjadi dikarenakan penggunaan herbisida glifosat yang sangat *intens* sehingga mengalami peningkatan dari dosis 480 g/ha pada Tahun 2016.

Dilaporkan pula oleh Sarangi *et al.*, (2015) bahwa sebagian besar biotipe gulma *Amaranthus rudis* dari kabupaten Nebraska Timur telah mengalami resistensi terhadap herbisida glifosat yang akan merugikan petani jagung dan kedelai sehingga dibutuhkan strategi terpadu jangka panjang seperti rotasi tanaman, penggunaan tanaman tahan herbisida, penggunaan herbisida dengan mekanisme kerja yang berbeda, serta metode pengendalian gulma secara mekanis.

Dilaporkan pula oleh Schultz *et al.*, (2015) telah terjadi resistensi ganda terhadap glifosat dan terhadap herbisida penghambat asetolaktat sintase (ALS),

*Protoporphyrinogen Oksidase* (PPO), fotosistem II (PSII), dan dioksidase 4-hydroxyphenylpyruvate (HPPD) yang digunakan untuk mengendalikan gulma *Amaranthus rudis* Sauer. pada lahan jagung dan kedelai.

Hasil penelitian Liu *et al.*, (2016) bahwa gulma *Lolium perenne* ssp. *Multiflorum* asal ladang gandum musim dingin di Washington resisten terhadap herbisida diuron dan telah terjadi perubahan asam amino S<sub>264</sub> dari AGT menjadi GGT. Menurut Cruz *et al.*, (2016), resistensi herbisida dapat terjadi di seluruh pertanaman melalui dua proses yaitu aliran gen melalui serbuk sari atau penyebaran biji, atau keduanya, serta evolusi mandiri di dalam populasi gulma. Berdasarkan hasil penelitian Gherekhloo *et al.*, (2016) analisis sekuens DNA dari gen psbA, yang merupakan situs target herbisida penghambat PSII mengungkapkan bahwa terdapat dua perubahan nukleotida (A ke G) pada posisi 232 dan 286 biotipe gulma resisten *Echinochloa colona* L. asal Iran.



### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret-Agustus 2022 di Laboratorium Ilmu Gulma Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung, PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah, dan Rumah Kaca Perguruan Tinggi Al-Madani Bandar Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat tulis, kertas label, pot, nampan, oven, timbangan, cangkul, sekop kecil, gelas ukur, ember, kantong kertas, *polybag*, *knapsack sprayer*, kamera, dan alat uji aktivitas fisiologi (Li-COR 6800 F) untuk mengukur laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah herbisida berbahan aktif diuron dengan merk dagang KARMEX 80 WP dan herbisida berbahan aktif glifosat dengan merk dagang SLASH 480 SL, air, bibit gulma *Cynodon dactylon* dan *Eleusine indica* yang diambil dari perkebunan tebu Lampung Tengah yang diduga terpapar herbisida dan gulma pembanding yang diambil dari lahan terbuka di sekitar PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah yang tidak terpapar herbisida.

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Pada tahap ke-1 dilakukan identifikasi resistensi gulma *Cynodon dactylon* terhadap herbisida diuron, kemudian gulma *Eleusine indica* terhadap herbisida glifosat. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan di PT. Gunung Madu Plantations herbisida diuron dan glifosat hanya dapat mengendalikan gulma tersebut dengan tingkat kematian gulma hanya sebesar 10-50% (Musrianto, 2022). Pada tahap ke-2 dilakukan uji aktivitas fisiologi yang terdiri dari laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi pada gulma terpapar dan tidak terpapar herbisida dengan menggunakan alat uji aktivitas fisiologi (Li-COR 6800 F).

### 3.4 Tahap 1 : Uji Resistensi Gulma

#### 3.4.1 Uji Resistensi Gulma *Cynodon dactylon* Terhadap Herbisida Diuron

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan 6 ulangan dan 8 perlakuan yang setiap unit percobaan terdiri dari 1 sampel gulma yang diamati. Petak utama merupakan jenis gulma, yaitu gulma terpapar herbisida diuron ( $A_1$ ) dan tidak terpapar herbisida diuron ( $A_2$ ). Anak petak merupakan tingkatan dosis bahan aktif herbisida diuron yang ditampilkan pada Tabel 1. Dosis anjuran herbisida diuron terdapat pada perlakuan D<sub>4</sub> yaitu 1.600 g/ha.

Tabel 1. Tingkatan dosis bahan aktif herbisida diuron

Perlakuan	Dosis bahan aktif (g/ha)
D <sub>0</sub>	0
D <sub>1</sub>	200
D <sub>2</sub>	400
D <sub>3</sub>	800
D <sub>4</sub>	1.600
D <sub>5</sub>	3.200
D <sub>6</sub>	6.400
D <sub>7</sub>	12.800

Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III	
A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>

Ulangan IV		Ulangan V		Ulangan VI	
A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>

Gambar 8. Tata letak percobaan resistensi gulma *Cynodon dactylon* terhadap herbisida diuron. Keterangan: (A<sub>1</sub>) Gulma terpapar herbisida, (A<sub>2</sub>) Gulma tidak terpapar herbisida, (D<sub>0</sub>) Dosis 0 g/ha, (D<sub>1</sub>) 200 g/ha (D<sub>2</sub>) 400 g/ha, (D<sub>3</sub>) 800 g/ha, (D<sub>4</sub>) 1.600 g/ha, (D<sub>5</sub>) 3.200 g/ha, (D<sub>6</sub>) 6.400 g/ha, dan (D<sub>7</sub>) 12.800 g/ha

### 3.4.2 Uji Resistensi Gulma *Eleusine indica* Terhadap Herbisida Glifosat

Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan 6 ulangan dan 8 perlakuan yang setiap unit percobaan terdiri dari 1 sampel gulma yang diamati. Petak utama merupakan jenis gulma, yaitu gulma terpapar herbisida glifosat (B<sub>1</sub>) dan tidak terpapar herbisida glifosat (B<sub>2</sub>). Anak petak merupakan tingkatan dosis herbisida glifosat yang ditampilkan pada Tabel 2. Dosis anjuran herbisida glifosat terdapat pada perlakuan D<sub>4</sub> yaitu 1.600 g/ha.

Tabel 2. Tingkatan dosis bahan aktif herbisida glifosat

Perlakuan	Dosis bahan aktif (g/ha)
D <sub>0</sub>	0
D <sub>1</sub>	200
D <sub>2</sub>	400
D <sub>3</sub>	800
D <sub>4</sub>	1.600
D <sub>5</sub>	3.200
D <sub>6</sub>	6.400
D <sub>7</sub>	12.800

Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III	
B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>

Ulangan IV		Ulangan V		Ulangan VI	
B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>
B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>

Gambar 9. Tata letak percobaan resistensi gulma *Eleusine indica* terhadap herbisida glifosat. Keterangan: (B<sub>1</sub>) Gulma terpapar herbisida, (B<sub>2</sub>) Gulma tidak terpapar herbisida, (D<sub>0</sub>) Dosis 0 g/ha, (D<sub>1</sub>) 200 g/ha (D<sub>2</sub>) 400 g/ha, (D<sub>3</sub>) 800 g/ha, (D<sub>4</sub>) 1.600 g/ha, (D<sub>5</sub>) 3.200 g/ha, (D<sub>6</sub>) 6.400 g/ha, dan (D<sub>7</sub>) 12.800 g/ha

### 3.4.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.3.1 Survei Lapang

Survei lapang bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai keanekaragaman jenis-jenis gulma yang diduga mengalami resistensi terhadap herbisida berbahan aktif diuron dan glifosat. Survei gulma terpapar dilakukan di PT. Gunung Madu Plantations (Jl. Gatot Subroto No.108, Gn. Batin Udik, Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung Tengah).



Gambar 10. Titik lokasi survei dan pengambilan sampel gulma

Keterangan: (A) gulma *Cynodon dactylon* terpapar herbisida diuron, koordinat 4°42'28.9"S 105°12'46.6"E (B) gulma *Cynodon dactylon* tidak terpapar herbisida diuron, koordinat 4°42'29.2"S 105°12'43.4"E (C) gulma *Eleusine indica* terpapar herbisida glifosat, koordinat 4°42'07.4"S 105°12'51.5"E (D) gulma *Eleusine indica* tidak terpapar herbisida glifosat, koordinat 4°42'29.2"S 105°12'43.4"E

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan, gulma *Cynodon dactylon* sering terpapar herbisida diuron, sedangkan gulma *Eleusine indica* sering terpapar herbisida glifosat. Survei gulma yang tidak terpapar sebagai gulma pembanding terhadap gulma yang diduga resisten dilakukan di lahan terbuka di sekitar PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah yang tidak pernah diaplikasikan herbisida diuron dan glifosat (Gambar 10).

#### **3.4.3.2 Pengambilan, Penanaman dan Pemeliharaan Gulma**

Pengambilan gulma dilakukan pada lokasi yang telah disurvei sebelumnya. Sampel gulma yang diambil ialah bibit gulma yang seragam dengan tinggi  $\pm 10$  cm dan memiliki 5 helai daun atau lebih. Pengambilan bibit gulma dilakukan menggunakan alat sekop kecil dengan cara mengangkat bibit gulma beserta tanah yang ada di daerah perakaran kemudian dipindahkan ke dalam nampan.

Gulma yang telah diambil kemudian segera dipindahkan ke dalam pot yang telah diisi dengan media tanam untuk menghindari terjadinya stres pada gulma. Gulma ditanam pada pot dan dipelihara agar tumbuh dengan baik. Pemeliharaan gulma terdiri dari penyiraman dan penyiangan gulma lain yang tumbuh di sekitar gulma yang diteliti. Pemeliharaan gulma dilakukan setiap hari selama penelitian berlangsung.

#### **3.4.3.3 Aplikasi Herbisida**

Sebelum aplikasi herbisida dilakukan, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi. Hal ini bertujuan agar setiap satuan percobaan mendapat jumlah herbisida yang sama sesuai dengan perlakuan. Kalibrasi dilakukan dengan metode luas menggunakan *nozzle* merah dengan luas bidang semprot 2 m pada petak yang berukuran 2 m x 5 m. Aplikasi herbisida dilakukan pada saat gulma telah berumur  $\pm 7-14$  hari setelah

pindah tanam atau sudah mencapai ketinggian  $\pm 20$  cm. Aplikasi herbisida dilakukan pada pagi hari dengan menggunakan *knapsack sprayer* dimulai dari dosis terendah hingga dosis tertinggi.

### 3.4.4 Variabel Pengamatan

#### 3.4.4.1 Persentase Keracunan

Penentuan nilai persentase keracunan dilakukan dengan membandingkan gulma yang diberi perlakuan herbisida diuron dan glifosat dengan gulma tanpa perlakuan. Perbandingan yang diamati adalah warna daun, perubahan bentuk daun, dan pertumbuhan yang tidak normal. Berdasarkan perbandingan tersebut maka dapat diperoleh nilai persen keracunan gulma. Pengamatan diamati dengan menggunakan metode visual yang dilakukan oleh dua orang. Pengamatan dilakukan pada 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, dan 20 Hari Setelah Aplikasi.

Pengamatan tingkat keracunan tanaman mengacu pada aturan Direktorat Pupuk dan Pestisida (2012) dalam metode standar pengujian efikasi herbisida, yaitu:

0-5%	= bentuk, warna daun, dan pertumbuhan gulma tidak normal sebesar 0-5%
>5-20%	= bentuk, warna daun, dan pertumbuhan gulma tidak normal sebesar 5-20%
>20-50%	= bentuk, warna daun, dan pertumbuhan gulma tidak normal sebesar 20-50%
>50-75%	= bentuk, warna daun, dan pertumbuhan gulma tidak normal sebesar 50-75%
>75%	= bentuk, warna daun, dan pertumbuhan gulma tidak normal sebesar >75%

#### 3.4.4.2 Bobot Kering Gulma

Pemanenan gulma dilakukan pada akhir pengamatan yaitu pada 20 HSA. Masing-masing gulma yang telah dipanen dimasukkan kedalam amplop kertas yang telah diberi label sesuai perlakuan. Gulma kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam hingga bobot kering gulma konstan, lalu ditimbang dan dicatat bobotnya sesuai perlakuan.

#### 3.4.4.3 Waktu Meracuni (LT<sub>50</sub>)

*Median lethal time* (LT<sub>50</sub>) merupakan waktu yang dibutuhkan setiap herbisida untuk meracuni gulma sebesar 50%. Nilai LT<sub>50</sub> diperoleh melalui persamaan regresi linear sederhana, yaitu  $y = a+bx$ , dimana nilai  $y$  merupakan nilai probit pada persen keracunan gulma dan  $x$  adalah log hari pengamatan persen keracunan herbisida, kemudian setelah nilai  $x$  diketahui maka nilai LT<sub>50</sub> dapat diketahui dengan antilog nilai  $x$  tersebut (Guntoro dan Fitri, 2013).

#### 3.4.4.4 Dosis Efektif (ED<sub>50</sub>)

*Median effective dose* (ED<sub>50</sub>) merupakan banyaknya dosis herbisida yang menyebabkan penekanan gulma hingga 50%. Data bobot kering gulma yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi nilai persentase kerusakan gulma. Persentase kerusakan gulma dapat diperoleh melalui persamaan berikut:

$$\text{Persen kerusakan (\%)} = (1-(P/K))*100\%$$

Keterangan:

P = nilai bobot kering gulma dengan perlakuan herbisida

K = nilai bobot kering gulma kontrol



Persen kerusakan ditransformasikan ke dalam nilai probit dengan bantuan tabel probit. Taraf dosis yang diuji diubah kedalam bentuk log. Dari nilai probit persen kerusakan ( $y$ ) dan log dosis ( $x$ ), ditentukan persamaan regresi sederhana  $y = ax + b$ . Dari persamaan tersebut ditentukan nilai  $x$  untuk  $y = 5$  karena yang dicari adalah  $ED_{50}$  (nilai probit dari 50% adalah 5). Nilai  $x$  kemudian diganti log sehingga diperoleh  $ED_{50}$  gulma (Guntoro dan Fitri, 2013).

#### 3.4.4.5 Nisbah Resistensi (NR)

Nisbah Resistensi (NR) merupakan nilai dari perbandingan  $ED_{50}$  gulma terpapar dengan gulma tidak terpapar. Berdasarkan nilai NR tersebut, sehingga dapat diketahui status resistensi gulma yang diuji. Tingkat resistensi gulma dapat ditentukan dengan kriteria nilai NR yaitu tergolong sensitif jika  $NR < 2$ , resisten rendah jika  $NR 2-6$ , resisten sedang jika  $NR > 6-12$ , dan resisten tinggi jika  $NR > 12$  (Ahmad-hamdani *et al.*, 2012).

### 3.5 Tahap 2 : Uji Aktivitas Fisiologi Gulma

Gulma terpapar dan tidak terpapar kemudian dianalisis aktivitas fisiologinya, seperti laju asimilasi karbon ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), laju konduktansi stomata ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ), dan laju transpirasi ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ). Pengukuran aktivitas fisiologi gulma dilakukan pada 4, 12, dan 16 HSA dengan menggunakan alat Li-COR 6800 F (Gambar 11). Penelitian ini menggunakan Rancangan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan 4 ulangan dan 8 perlakuan yang setiap unit percobaan terdiri dari 1 sampel gulma yang diamati. Tata letak percobaan uji aktivitas fisiologi gulma *Cynodon dactylon* dan *Eleusine indica* dapat dilihat pada Gambar 12 dan 13.



Gambar 11. Li-COR 6800 F

Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III		Ulangan IV	
A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>3</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>
A <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	A <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	A <sub>1</sub> D <sub>6</sub>

Gambar 12. Tata letak percobaan uji aktivitas fisiologi gulma *Cynodon dactylon* terhadap herbisida diuron. Keterangan: (A<sub>1</sub>) Gulma terpapar herbisida, (A<sub>2</sub>) Gulma tidak terpapar herbisida, (D<sub>0</sub>) 0 g/ha, (D<sub>1</sub>) 200 g/ha (D<sub>2</sub>) 400 g/ha, (D<sub>3</sub>) 800 g/ha, (D<sub>4</sub>) 1.600 g/ha, (D<sub>5</sub>) 3.200 g/ha, (D<sub>6</sub>) 6.400 g/ha, dan (D<sub>7</sub>) 12.800 g/ha

Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III		Ulangan IV	
B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>3</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>1</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>7</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>5</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>
B <sub>2</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>3</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>0</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>1</sub> D <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> D <sub>6</sub>

Gambar 13. Tata letak percobaan uji aktivitas fisiologi gulma *Eleusine indica* terhadap herbisida glifosat. Keterangan: (B<sub>1</sub>) Gulma terpapar herbisida, (B<sub>2</sub>) Gulma tidak terpapar herbisida, (D<sub>0</sub>) 0 g/ha, (D<sub>1</sub>) 200 g/ha, (D<sub>2</sub>) 400 g/ha, (D<sub>3</sub>) 800 g/ha, (D<sub>4</sub>) 1.600 g/ha, (D<sub>5</sub>) 3.200 g/ha, (D<sub>6</sub>) 6.400 g/ha, dan (D<sub>7</sub>) 12.800 g/ha

### **3.5.1 Pengamatan Aktivitas Fisiologi Gulma**

Gulma yang menjadi objek pengamatan aktivitas fisiologi diberi label pada daun kedua dan ketiga yang telah membuka penuh sebagai tanda sampel daun yang akan diamati. Variabel aktifitas fisiologi yang diamati yaitu laju asimilasi karbon ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), laju konduktansi stomata ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), dan laju transpirasi ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).

### **3.5.2 Analisis Data Aktivitas Fisiologi Gulma**

Data hasil aktivitas fisiologi gulma resisten dan sensitif yang meliputi laju asimilasi karbon ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ), laju konduktansi stomata ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) dan laju transpirasi ( $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) kemudian dianalisis untuk mengetahui perbedaan aktivitas fisiologi yang terjadi antara gulma resisten dan sensitif.

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron memerlukan waktu yang lebih lama untuk dapat teracuni sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $LT_{50}$  sebesar 543,19 dan 11,28 HSA pada dosis 800 g/ha, sebesar 198,66 dan 7,05 HSA pada dosis 1.600 g/ha, serta 92,53 dan 6,57 HSA pada dosis 3.200 g/ha.
2. Gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron memerlukan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $ED_{50}$  sebesar 405,38 dan 163,46 g/ha.
3. Gulma *Cynodon dactylon* terpapar memiliki nilai aktivitas fisiologi (laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi) yang lebih tinggi dibandingkan dengan gulma tidak terpapar.
4. Gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat memerlukan waktu yang lebih lama untuk dapat teracuni sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $LT_{50}$  sebesar 151,78 dan 6,63 HSA pada dosis 800 g/ha.
5. Gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat memerlukan dosis yang lebih tinggi untuk dapat menekan pertumbuhan gulma sebesar 50% dibandingkan dengan gulma tidak terpapar dengan nilai  $ED_{50}$  sebesar 214,42 dan 154,02 g/ha.
6. Gulma *Eleusine indica* terpapar memiliki nilai aktivitas fisiologi (laju asimilasi karbon, laju konduktansi stomata, dan laju transpirasi) yang tidak berbeda dengan gulma tidak terpapar.

7. Nilai NR gulma *Cynodon dactylon* terpapar diuron sebesar 2,48 dan tergolong resistensi rendah, sedangkan gulma *Eleusine indica* terpapar glifosat sebesar 1,39 dan tergolong sensitif.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Melakukan uji berbasis molekuler pada gulma yang resisten untuk mendeteksi keberadaan gen toleran gulma terhadap herbisida.
2. Melakukan uji resistensi pada gulma yang resisten terhadap herbisida dengan *mode of action* yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adamczewski, K., K. Matysiak., R. Kierze. and S. Kaczmarek. 2019. Significant Increase of Weed Resistance to Herbicides in Poland. *Journal of Plant Protection Research*. 59(2): 139–150.
- Ahmad-Hamdani, M.S., M.J. Owen., Q. Yu. and S.B. Powles. 2012. ACCase Inhibiting Herbicide-Resistant *Avena* spp. Populations from the Western Australian Grain Belt. *Weed Technology*. 26:130-136.
- Aisah, A.R., B.W. Ponny., Soekarno. dan Achmad. 2015. Isolasi dan Identifikasi Cendawan yang Berasosiasi dengan Penyakit Mati Pucuk pada Bibit Jabon (*Anthocephalus cadamba* (Roxb.) Miq). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 12(3):153-163.
- Alfredo, N., N. Sriyani. dan D.R.J. Sembodo. 2012. Efikasi Herbisida Pratumuh Metil Metsulfuron Tunggal dan Kombinasinya dengan 2,4 D, Ametrin, atau Diuron, terhadap Gulma pada Pertanaman Tebu (*Saccharum Officinarum* L.) Lahan Kering. *Jurnal Agrotropika*. 17(1):29-34.
- Anjani, N.D. 2018. Resistensi Gulma Rumput *Axonopus compressus*, *Eleusine indica*, dan *Ottochloa nodosa* Asal Perkebunan Kelapa Sawit Lampung Selatan terhadap Glifosat. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- APVMA, 2011. Diuron. *Australian Pesticide and Veterinary Medicines Authority*. Australia.
- Badan Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. 2019. Pengendalian Gulma Tanaman Tebu. <http://balittas.litbang.pertanian.go.id>. Diakses pada 2 Januari 2022.

- Badan Pusat Statistik. 2021. Impor Gula Menurut Negara Asal Utama, 2010-2020. <https://www.bps.go.id>. Diakses pada 16 Januari 2022.
- Begum, M. and B.J. Bordoloi. 2016. Effect of Weed Management Practices on Sugarcane Ratoon. *Agricultural Science Digest*. 36(2):107-109.
- Bhatla, S.C. 2018. Plant Physiology in Agriculture and Biotechnology. *Springer Nature Singapore*. 1167-1188.
- Boger, O., K. Wakabayashi. and K. Hirai. 2002. *Herbicide Classes in Development: Mode of Action, Targets, Genetic Engineering, Chemistry*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York. 373 hlm.
- Boyd, N.S., K. Fnu., C. Marble., S. Steed. and A.W. Macrae. 2021. Biology and Management of Goosegrass (*Eleusine indica* (L.) Gaertn.) in Tomato, Pepper, Cucurbits, and Strawberry. *IFAS Extension University of Florida*.
- Costa, L.O. and M.A. Rizzardi. 2014. Resistance of *Raphanus Raphanistum* to the Herbicide Metsulfuron-Methyl. *Planta Daninha*. 32(1):181-187.
- Cox, C. 2003. Diuron. *Journal of Pesticide Reform*. 23(1).
- Cruz, R.A.L., Y. Romano., M.D. Osuna-Ruiz., J.A. Dominguez-Valenzuela., J. Menendez. and R.D. Prado. 2016. Genetic Relationship Between Tropical Sprangletop (*Leptochloa virgata*) Populations from Mexico: Understanding Glyphosate Resistance Spread. *Weed Science*. 64:579-587.
- Davies, F.S. and J.A. Flore. 1986. Flooding, Gas Exchange and Hydraulic Root Conductivity of Highbush Blueberry. *Physiologia Plantarum*. 67:545-551.
- Da-Lopez, Y.F. dan A.K. Djaelani. 2017. *Persaingan Gulma dengan Tanaman*. Politeknik Pertanian Negeri Kupang. Nusa Tenggara Timur (NTT).
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2012. *Metode Standar Pengujian Efikasi Herbisida*. Direktorat Sarana dan Prasarana Pertanian. Jakarta.

- Ditjenbun. 2019. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Tebu 2018-2020*. Direktorat Jendral Perkebunan Departemen Pertanian. Jakarta.
- Duke, S.O. and S.B. Powles. 2008. Glyphosate: A Once in A Century Herbicide. *Pest Management Science*. 64:319-325.
- Elahifard E., A. Ghanbari., M.H.R. Mohassel., E. Zand., A.M. Kakhkil. and A. Mohkam. 2013. Characterization of Triazine Resistant Biotypes of Junglerice [*Echinochloa colona* (L.) Link.] Found in Iran. *Australian Journal of Crop Science*. 7(9):1302-1308.
- FAO. 2012. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. *Guidelines on Prevention and Management of Pesticide Resistance*. 57 hlm.
- FAO. 2016. FAO Specifications and Evaluations for Agricultural Pesticides. *Food and Agricultural Organization*. 76 hlm.
- Gaines, T.A., S.O. Duke., S. Morran., C.A.G Rigon., P.J. Tranel., A. Kupper., and. F.E Dayan. 2020. Mechanisms of Evolved Herbicide Resistance. *Journal of Biological Chemistry*. 45 hlm.
- Gherekhloo, J., M. Oveisi., E. Zand. and R.D. Prado. 2016. A Review of Herbicide Resistance in Iran. *Weed Science*. 64:551-561.
- Gronwald, J.W. 1994. Resistance to Photosystem II Inhibiting Herbicides. *Herbicide Resistance in Plants: Biology and Biochemistry*. 27-60.
- Guntoro, D. dan T.Y. Fitri. 2013. Aktivitas Herbisida Campuran Bahan Aktif Cyhalofop-Butyl dan Penoxulam terhadap Beberapa Jenis Gulma Padi Sawah. *Bul. Agrohorti*. 1(1):140-148.
- Haney, R.L., S.A. Sanseman. and F.M. Hons. 2002. Effect of Roundup Ultra on Microbial Activity and Biomass from Selected Soils. *Journal of Environmental Quality*. 31:730-735.
- Heap, I. 2021. The International Herbicide-Resistant Weed Database. <http://www.weedscience.com/>. Diakses pada 28 Desember 2021.



- Hendarto, H. 2017. Resistensi Gulma *Cynodon dactylon*, *Dactyloctenium aegyptum*, *Asystasia gangetica* terhadap Herbisida Bromacil dan Diuron pada Perkebunan Nanas di Lampung Tengah. *Tesis*. Universitas Lampung. Lampung.
- Indrawanto, C., Purwono., Siswanto., M. Syakir., S.J. Munarso., J. Pitono. dan W. Rumini. 2010. Budidaya dan Pasca Panen Tebu. *IAARD Press*. Jakarta.
- Jasieniuk, M., A.L. Brule-Babel. and I.N. Morrison. 1996. The Evolution and Genetics of Herbicide Resistance in Weeds. *Weeds Science*. 44:176-193.
- Knezevic, S.Z. and A. Jhala. 2017. Herbicide Resistance and Molecular Aspects. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences 2nd Edition*. University of Nebraska. Amerika Serikat.
- Kusumayuni, E. 2021. Karakteristik Pertumbuhan, Pola Segregasi Genetik, dan Aktivitas Fisiologi Gulma *Eleusine indica* Asal Perkebunan Nanas (*Ananas comosus L.*) Lampung Tengah yang Resisten terhadap Herbisida Diuron. *Tesis*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Lakitan, B. 2007. *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Liu, M., A.G. Hulting. and C.M. Smith. 2016. Characterization of Multiple Herbicide-Resistant Italian Ryegrass (*Lolium perenne* spp. *multiflorum*) Populations from Winter Wheat Fields in Oregon. *Weed Science Society of America*. 64(2):331-338.
- Loganandhan, N., B. Gujja., V.V Goud. and U.S. Natarajan. 2012. Sustainable Sugarcane Initiative (SSI) : A Methodology of 'More with Less'. *Sugar Tech : An International Journal of Sugar Crops and Related Industries*.
- Manalu, T.J. dan S.Y. Tyasmoro. 2018. Kajian Teknik Pengendalian Gulma pada Pertumbuhan Vegetatif Awal Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*). *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*. 3(1):62-69.
- Manik, S.E. 2019. Uji Resistensi Gulma *Eleusine indica* terhadap Penggunaan Herbisida Berbahan Aktif Glyphosate. *Agriland*. 7(1):33-38.

- Madukwe, D.K., H.C. Ogbuehi. and M.O. Onuh. 2012. Effects of Weed Control Methods on the Growth and Yield of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) Under Rain-Fed Conditions of Owerri. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 12(11):1426-1430.
- Mukarromah, L., D.R.J Sembodo. dan Sugiatno. 2014. Efikasi Herbisida Glifosat terhadap Gulma di Lahan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Belum Menghasilkan. *Jurnal Agrotek Tropika.* 2(3):369-374.
- Musrianto, B. 2022. Sejarah Penggunaan Herbisida di PT. Gunung Madu Plantations Lampung Tengah. *Hasil Wawancara Pribadi:* 21 Februari 2022. Universitas Lampung.
- Mustopa, D.N. 2011. Pengaruh Efektifitas Herbisida Diuron 500 g/l SC dalam Pengendalian Gulma pada Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Skripsi.* Institut Pertanian Bogor.
- Nandula, V.K., N.R. Krishna., O. D. Stephen. and H.P. Daniel. 2005. Glyphosate Resistant Weeds: Current Status and Future Outlook. *Outlooks on Pest Management (Pesticide Outlook).* 183-187.
- Nandula, V.K. 2016. Herbicide Resistance in Weeds: Survey, Characterization and Mechanisms. *Indian Journal of Weed Science.* 48(2): 128-131.
- Oerke, E.C. 2006. Centenary Review Crop Losses to Pests. *Journal of Agricultural Science.* 144:31-43.
- Oktavia, E., D.R.J. Sembodo. dan R. Evizal. 2014. Efikasi Herbisida Glifosat terhadap Gulma Umum pada Perkebunan Karet (*Hevea brasiliensis* [Muell.] Arg) yang Sudah Menghasilkan. *Jurnal Agrotek Tropika.* 2(3):382-387.
- Odero, D. C., M. Duchrow. and N. Havranek. 2016. Critical Timing of Fall Panicum Removal (*Panicum dichotomiflorum*) in Sugarcane. *Weed Technology.* 30:13–20.
- Paiman. 2020. *Gulma Tanaman Pangan.* UPY Press. Yogyakarta.

- Pane, H. dan S.Y. Jatmiko. 2002. Pengendalian Gulma pada Tanaman Padi. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. *Balai Penelitian Tanaman Padi*. Sukamandi.
- Pariyanto, A., D.R.J. Sembodo. dan Sugiatno. 2015. Efikasi Herbisida Flumioxazin pada Gulma Pertanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Lahan Kering Keprasan 1. *Jurnal Agrotek Tropika*. 3(1):99-105.
- Perkasa, A.Y., T. Siswanto., F. Shintarika. dan T.G. Aji. 2017. Studi Identifikasi Stomata pada Kelompok Tanaman C3, C4, dan CAM. *Jurnal Pertanian Presisi*. 1(1):59-72.
- Powles, S.B. and Q. Yu. 2010. Evolution in Action: Plants Resistance to Herbicides. *Annual Review of Plant Biology*. 61(1):317-347.
- Purba, E. 2009. Keanekaragaman Herbisida dalam Pengendalian Gulma Mengatasi Populasi Gulma Resisten dan Toleran Herbisida. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Radwan, D.E.M. and K.A. Fayed. 2016. Photosynthesis, Antioxidant Status and Gas-Exchange Are Altered By Glyphosate Application in Peanut Leaves. *Photosynthetica*. 54(2):307-316.
- Rahmadi, R. 2020. Resistance Status and Physiological Activity Test of *Spenochlea Zeylanica* and *Ludwigia Octovalvis* in Paddy Field to 2,4-D and Metsulfuron-Methyl Herbicides. *Biodiversitas*. 22(5):2829-2838.
- Rita, P., M. Aninda. and D.K. Animesh. 2012. An Updated Overview on *Cynodon dactylon* (L.) Pers. *International Journal of Research in Ayurveda and Pharmacy*. 3(1):11-14.
- Sammons, R.D. and T.A. Gaines. 2014. Glyphosate Resistance: State of Knowledge. *Pest Management Science*. 70:1367-1377.
- Sarangi, D., L.D. Sandell., S.Z. Knezevic., J.S. Aulakh., J.L. Lindquist., S. Irmak. and A.J. Jhala. 2015. Confirmation and Control of Glyphosate-Resistant Common Waterhamp (*Amaranthus rudis*) in Nebraska. *Weed Technology*. 29:82-92.

- Sa'diyah, M.P.S., R. Rogomulyo. dan Masdiyawati. 2021. Pengaruh Macam Herbisida Sistemik terhadap Pertumbuhan Gulma di Pertanaman Nanas (*Ananas comosus* (L) Merr.) pada Fase Vegetatif. *Vegetalika*. 10(4):259-273.
- Sari<sup>a</sup>, R.P.K 2019. Identifikasi Resistensi Beberapa Gulma di Perkebunan Nanas Lampung Tengah dan Kelapa Sawit Lampung Selatan terhadap Herbisida Diuron dan Glifosat. *Tesis*. Universitas Lampung. Lampung.
- Sari<sup>b</sup>, L.P. 2019. Resistensi Gulma *Dactyloctenium aegyptium* dan *Eleusine indica* Pada Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr) Lampung Tengah terhadap Herbisida Diuron. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung
- Schultz, J.L., L.A. Chatham., C.W. Riggins., P.J. Tranel. and K.W. Bradley. 2015. Distribution of Herbicide Resistances and Molecular Mechanisms Conferring Resistance in Missouri Waterhemp (*Amaranthus rude Sauer*) Populations. *Weed Science*. 63:336-345.
- Sembodo, D.R.J. 2010. *Gulma dan Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Sriyani, N., A.T. Lubis., D.R.J Sembodo., D. Mawardi., H. Suprpto., H. Susanto., H. Pujisiswanto., T. Adachi. dan Y. Oki. 2014. *Upland Weed Flora of Southern Sumatera*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 143 hlm.
- Tampubolon, K. dan E. Purba. 2018. Konfirmasi Resistensi *Eleusine Indica* terhadap Glifosat pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Langkat. *Jurnal Pertanian Tropik*. 5(2):276-283.
- Tampubolon, K., E. Purba., dan D.S. Hanafiah. 2018. Resistensi *Eleusine Indica* terhadap Glifosat pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kabupaten Batu Bara. *Jurnal Agrotek Tropika*. 6(3):133-139.
- Tantarawongsa, P. and D. Ketrot. 2018. Adsorption of Herbicide Diuron in Pineapple-Growing Soils of Eastern Thailand. *Polish Journal of Environmental Studies*. 29(1):285-292.
- Tcherkez, G. and A.M. Limami. 2019. Net Photosynthetic CO<sub>2</sub> Assimilation: More Than Just CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> Reduction Cycles. *New Phytologist*. 1-10.

Tomlin, C.D.S. 2010. The Pesticide Manual Elevent Edition. *The British Crop Protection Council*.

Usui, Y. and T. Kasabuchi. 2011. Effect of Herbicide Application on Carbon Dioxide, Dissolved Oxygen, pH, and RpH in Paddy-Field Poned Water. *Soil science and Plant Nutrition*. 57:1-6.

Widaryanto, E., A. Saitama. dan A.H. Zaini. 2021. Teknologi Pengendalian Gulma. *UB Press*. Malang.

Yuan, J. S., P.J. Tranel. and C.N. Stewart. 2007. Non-target-site Herbicide Resistance: A Family Business. *TRENDS in Plant Science*. 12(1):6-13.