

**UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*,
Cyperus kyllingia dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT
LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT**

(Tesis)

Oleh

HENNI ELFANDARI



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRACT

RESISTANCE TEST of *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* and *Eleusine indica* SOURCE FROM PALM OIL PLANTATION IN SOUTH LAMPUNG TO GLYPHOSATE HERBICIDE

By

Henni Elfandari

Weed resistance to herbicide is a capability possessed by weeds to survive and thrive despite the application of herbicides with recommended doses that can generally be deadly to the weed species. In Malaysian plantations it has been reported that there are three types of weeds that are resistant to glyphosate, namely *Hedyotis verticillata*, *Chromolaena odorata* and *Eleusine indica*. In Indonesia, reports on weed resistance are still very limited. This study aims to test the resistance of *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* and *Eleusine indica* derived from Lampung Selatan oil palm plantation to glyphosate herbicide. The study was prepared using Split Plot Design with 6 replications. The main plot is the place of origin of weeds (A) which consists of two levels, namely A₁ (weeds from Lampung Selatan oil palm plantations that have been exposed to glyphosate) and A₂ (weeds from around Lampung

University are not exposed to glyphosate). The subplot was the dose of herbicide used and consisted of seven levels: D₀ (0 g /ha), D₁ (960 g /ha), D₂ (1.920 g /ha), D₃ (3.840 g /ha), D₄ (7.680 g /ha), D₅ (15.360 g /ha) and D₆ (30.720 g /ha).

The study was applied separately for each weed (*Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* and *Eleusine indica*). Weed dry weights data were converted to percentage of damage then analyzed by probit analysis to determine the ED₅₀ value of each weed. The value of ED₅₀ is used to calculate the resistance ratio (NR). Resistance Ratio (NR) is used to classify the resistance levels of a herbicide-prone species. The values of Resistance Ratio (NR) of *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* and *Eleusine indica* exposed were 2,97; 5,85 and 2,96 respectively, whereas the NR weed value of *Axonopus compressus* was 1,61. Thus it can be concluded that weed *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* and *Eleusine indica* have low resistance while *Axonopus compressus* weeds have not shown any resistance.

Keywords: *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia*, *Eleusine indica*, glyphosate, weed resistance.

ABSTRAK

UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT

Oleh

Henni Elfandari

Resistensi gulma terhadap herbisida merupakan suatu kemampuan yang dimiliki oleh gulma untuk dapat bertahan hidup dan berkembang meskipun diaplikasikan herbisida dengan dosis anjuran yang pada umumnya dapat mematikan spesies gulma tersebut. Di perkebunan Malaysia telah dilaporkan bahwa ada tiga jenis gulma yang resisten terhadap glifosat, yaitu *Hedyotis verticillata*, *Chromolaena odorata* dan *Eleusine Indica*. Di Indonesia, laporan mengenai resistensi gulma masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk menguji resistensi *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* yang berasal dari perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan terhadap herbisida glifosat. Penelitian disusun dengan menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split Plot Design) dengan 6 ulangan. Petak utama adalah tempat asal gulma (A) yang terdiri dari 2 taraf, yaitu A₁ (gulma dari perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan yang telah terpapar glifosat) dan A₂ (gulma dari sekitar Universitas Lampung yang tidak terpapar glifosat).

Anak petak adalah dosis herbisida yang digunakan dan terdiri dari tujuh taraf yaitu D₀ (0 g/ha), D₁ (960 g/ha), D₂ (1.920 g/ha), D₃ (3.840 g/ha), D₄ (7.680 g/ha), D₅ (15.360 g/ha) dan D₆ (30.720 g/ha).

Penelitian ini diterapkan secara terpisah untuk masing-masing gulma (*Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica*). Data bobot kering gulma dikonversi ke dalam persen kerusakan kemudian dianalisis dengan analisis probit untuk menentukan nilai ED₅₀ masing-masing gulma. Nilai ED₅₀ digunakan untuk menghitung nisbah resistensi (NR). Nisbah Resistensi (NR) digunakan untuk mengelompokkan tingkatan resistensi suatu spesies uji terhadap herbisida. Nilai Nisbah Resistensi (NR) gulma *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar masing-masing adalah 2,97; 5,85 dan 2,96 sedangkan nilai NR gulma *Axonopus compressus* adalah 1,61. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa gulma *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* mengalami resistensi rendah sedangkan gulma *Axonopus compressus* belum menunjukkan adanya resistensi.

Kata kunci : *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia*, *Eleusine indica*, glifosat, resistensi gulma.

**UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*,
Cyperus kyllingia dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT**

Oleh

HENNI ELFANDARI

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS

pada

Program Studi Pascasarjana Magister Agronomi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER AGRONOMI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

Judul Tesis : UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT

Nama Mahasiswa : Henni Elfandari

Nomor Pokok Mahasiswa : 1424011006

Program Studi : Magister Agronomi

Jurusan : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Nanik Sriyani, M.Sc.
NIP 196201011986032001

Ir. Dad R. J. Sembodo, M.S.
NIP 196204221986031001

2. Ketua Program Studi Magister Agronomi

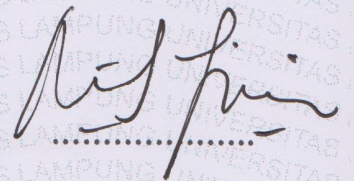
Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc.
NIP 196108031986032002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

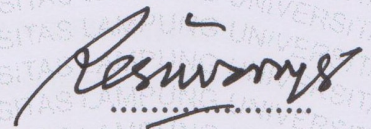
Ketua

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



Anggota

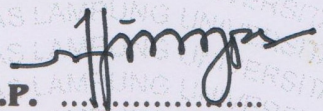
: Ir. Dad R. J. Sembodo, M.S.



Penguji

Bukan Pembimbing

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

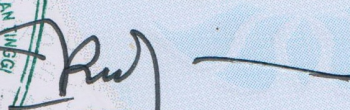


2. Dekan Fakultas Pertanian

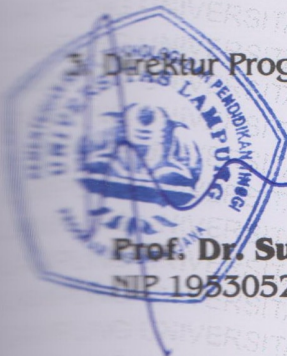


Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 196110201986031002

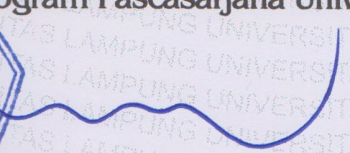


3. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung



Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.

NIP 195305281981031002



4. Tanggal Lulus Ujian Tesis : 2 Oktober 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul “**UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT**” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis 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, 8 November 2017



Pembuat Pernyataan


Henni Elfandari
NPM 1424011006

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 3 Juni 1990 di Bandar Lampung. Penulis berasal dari keluarga sederhana dengan 5 anggota keluarga yaitu orang tua, Bapak Heri Widodo S.IP., MM. dan Ibu Dra. Hendrayati, serta dua orang adik yaitu Dyah Noviandari, Spd. dan M. Iman Taufiq, S.E. Penulis memulai pendidikan di Taman Kanak-Kanak Pratama Kota Bandar Lampung pada tahun 1995, kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Sawah Lama Kota Bandar Lampung pada tahun 1996. Pada tahun 2002, penulis diterima di SMP Negeri 4 Bandar Lampung dan melanjutkan pendidikan tingkat sekolah menengah atas di SMA Negeri 10 Bandar Lampung pada tahun 2005.

Pada tahun 2008, penulis diterima sebagai mahasiswa jurusan Agroteknologi dan berhasil mendapatkan gelar sarjana pertanian pada 19 September 2012. Penulis pernah bekerja di PT. Telekomunikasi Indonesia (TELKOM) sebagai Customer Service Representative (CSR) dari 17 November 2012 hingga 17 April 2014.

*Karya kecil ini ku persembahkan
untuk kedua orangtuaku, bapak Heri
Widodo dan ibu Hendrayati, serta
kedua adikku, Dyah dan Iman*

*Dan untuk
♥ Risky Ramadhana ♥*

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “UJI RESISTENSI GULMA *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* ASAL PERKEBUNAN KELAPA SAWIT LAMPUNG SELATAN TERHADAP HERBISIDA GLIFOSAT”.

Harapan penulis semoga tesis ini dapat memberikan banyak manfaat dan menambah pengetahuan serta menambah wawasan bagi kita semua. Selama melaksanakan penelitian dan penulisan tesis ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan, serta saran dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Nanik Sriyani, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberi banyak bimbingan dan masukan serta saran kepada penulis baik dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan tesis ini.

2. Bapak Ir. Dad Resiworo, J. Sembodo, M. S., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan, saran, bantuan, nasehat dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tesis ini.
3. Bapak Dr. Hidayat Pujisiswanto, S.P., M.P., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan pengarahan, saran, bantuan, nasehat dalam melaksanakan penelitian dan penulisan tesis ini.
4. Ibu Prof. Dr. Ir. Yusnita, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Magister Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Ir. Dwi Hapsoro, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik penulis.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Orang tua tercinta Bapak Heri Widodo dan Ibu Hendrayati serta kedua adikku Dyah Noviandari dan M. Iman Taufiq atas doa, nasehat, kasih sayang, dan motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama ini.
8. Risky Ramadhana atas doa, kasih sayang dan semangat yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan sarjana (S1) dan pascasarjana (S2).
9. Pak Khoiri yang telah banyak memberi saran dan pengetahuan serta bantuan selama melaksanakan penelitian.
10. Mustika, Mbak Desi, Edo, Mas Budi, Mas Jamal, Mbak Ovy, Mbak Dhini, Bang Eko, Kak David, Kak Luki, Mbak Merry, Pak Kus, Kresna Mbak Opi, dan Nyang untuk rasa kebersamaan, kekeluargaan, keceriaan, dan kepeduliannya selama ini.

11. Serta seluruh orang-orang baik yang ada di dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Semoga Allah senantiasa menjaga kalian dengan penjagaan terbaik-Nya.

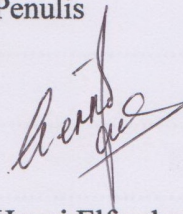
DAFTAR ISI

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini dan penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat dan menambah pengetahuan dan wawasan bagi kita semua.

DAFTAR GAMBAR

Bandar Lampung, November 2017

Penulis



Henni Elfandari

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Tujuan Penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

1.5 Hipotesis

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi dan Taksonomi Gulma

2.1.1 Gulma *Azadirachta indica*

2.1.2 Gulma *Centropogon compressus*

2.1.3 Gulma *Cyperus rotundus*

2.1.4 Gulma *Pennisetum indicum*

2.2 Sejarah dan Perkembangan Resistensi

2.3 Resistensi Gulma Terhadap Glifosfat

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Kerangka Pemikiran	6
1.5 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Morfologi dan Taksnomi Gulma	9
2.1.1 Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	9
2.1.2 Gulma <i>Axonopus compressus</i>	10
2.1.3 Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	11
2.1.4 Gulma <i>Eleusine indica</i>	12
2.2 Sejarah dan Perkembangan Resistensi	13
2.3 Resistensi Gulma Terhadap Glifosat	15

2.4 Pengujian Resistensi Gulma	18
2.5 Herbisida Glifosat	24
III. METODELOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat	28
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Pelaksanaan Penelitian	29
3.3.1 Survei Lapang	29
3.3.2 Pengambilan Bibit Gulma	30
3.3.3 Penanaman Bibit Gulma	30
3.3.4 Pengujian Resistensi Gulma terhadap Glifosat	30
3.4 Variabel Pengamatan	35
3.4.1 Keracunan Gulma (%)	35
3.4.2 Bobot Kering Gulma (g)	35
3.4.3 Tingkat Kehijauan Daun	36
3.5 Analisis Data	36
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	39
4.1.1 Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Asystasia gangetica</i> terhadap Glifosat	39
4.1.2 Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	42
4.1.3 Tingkat Kehijauan Daun Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	45
4.1.4 Nilai LT ₅₀ Gulma <i>Asystasia gangetica</i> terhadap Glifosat	47
4.1.5 Resistensi Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	48
4.2 Gulma <i>Axonopus compressus</i>	51

4.2.1	Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Axonopus compressus</i> terhadap Glifosat	51
4.2.2	Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Axonopus compressus</i>	54
4.2.3	Tingkat Kehijauan Daun Gulma <i>Axonopus compressus</i>	57
4.2.4	Nilai LT ₅₀ Gulma <i>Axonopus compressus</i> terhadap Glifosat	58
4.2.5	Resistensi Gulma <i>Axonopus compressus</i>	60
4.3	Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	62
4.3.1	Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Cyperus kyllingia</i> terhadap Glifosat	62
4.3.2	Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	65
4.3.3	Tingkat Kehijauan Daun Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	68
4.3.4	Nilai LT ₅₀ Gulma <i>Cyperus kyllingia</i> terhadap Glifosat	69
4.3.5	Resistensi Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	71
4.4	Gulma <i>Eleusine indica</i>	73
4.4.1	Persen Keracunan dan Respon Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Glifosat	73
4.4.2	Bobot Kering dan Persen Kerusakan Gulma <i>Eleusine indica</i>	76
4.4.3	Tingkat Kehijauan Daun Gulma <i>Eleusine indica</i>	78
4.4.4	Nilai LT ₅₀ Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Glifosat	80
4.4.5	Resistensi Gulma <i>Eleusine indica</i>	82
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	84
5.1	Kesimpulan	84
5.2	Saran	85
	DAFTAR PUSTAKA	86
	LAMPIRAN	91

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Perlakuan dosis herbisida glifosat terhadap pengujian resistensi gulma	32
2. Pengaruh herbisida glifosat terhadap bobot kering gulma <i>Asystasia gangetica</i>	43
3. Pengaruh herbisida glifosat terhadap persen kerusakan gulma <i>Asystasia gangetica</i>	44
4. Pengaruh herbisida glifosat terhadap tingkat kehijauan daun gulma <i>Asystasia gangetica</i>	46
5. Nilai LT_{50} <i>Asystasia gangetica</i> terhadap glifosat	47
6. Nilai ED_{50} dan NR <i>Asystasia gangetica</i> terhadap glifosat	49
7. Pengaruh herbisida glifosat terhadap bobot kering gulma <i>Axonopus compressus</i>	55
8. Pengaruh herbisida glifosat terhadap persen kerusakan gulma <i>Axonopus compressus</i>	56
9. Pengaruh herbisida glifosat terhadap tingkat kehijauan daun gulma <i>Axonopus compressus</i>	57
10. Nilai LT_{50} <i>Axonopus compressus</i> terhadap glifosat	59
11. Nilai ED_{50} dan NR <i>Axonopus compressus</i> terhadap glifosat	60
12. Pengaruh herbisida glifosat terhadap bobot kering gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	66

13. Pengaruh herbisida glifosat terhadap persen kerusakan gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	67
14. Pengaruh herbisida glifosat terhadap tingkat kehijauan daun gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	68
15. Nilai LT ₅₀ <i>Cyperus kyllingia</i> terhadap glifosat	70
16. Nilai ED ₅₀ dan NR <i>Cyperus kyllingia</i> terhadap glifosat	71
17. Pengaruh herbisida glifosat terhadap bobot kering gulma <i>Eleusine indica</i>	77
18. Pengaruh herbisida glifosat terhadap persen kerusakan gulma <i>Eleusine indica</i>	78
19. Pengaruh herbisida glifosat terhadap tingkat kehijauan daun gulma <i>Eleusine indica</i>	79
20. Nilai LT ₅₀ <i>Eleusine indica</i> terhadap glifosat	81
21. Nilai ED ₅₀ dan NR <i>Eleusine indica</i> terhadap glifosat	82
22. Data persen keracunan gulma <i>Asystasia gangetica</i> akibat perlakuan herbisida glifosat	91
23. Data persen keracunan gulma <i>Axonopus compressus</i> akibat perlakuan herbisida glifosat	92
24. Data persen keracunan gulma <i>Cyperus kyllingia</i> akibat perlakuan herbisida glifosat	93
25. Data persen keracunan gulma <i>Eleusine indica</i> akibat perlakuan herbisida glifosat	94
26. Data asli bobot kering <i>Asystasia gangetica</i> (gram)	95
27. Transformasi data bobot kering <i>Asystasia gangetica</i> ($\sqrt{\sqrt{\sqrt{\cdot}+0,5}}$)	95
28. Data asli bobot kering <i>Axonopus compressus</i> (gram)	96
29. Transformasi data bobot kering <i>Axonopus compressus</i> ($\sqrt{\sqrt{\sqrt{\cdot}+0,5}}$)	96
30. Data asli bobot kering <i>Cyperus kyllingia</i> (gram)	97
31. Transformasi data bobot kering <i>Cyperus kyllingia</i> ($\sqrt{\sqrt{\sqrt{\cdot}+0,5}}$)	97

32. Data asli bobot kering <i>Eleusine indica</i> (gram)	98
33. Transformasi data bobot kering <i>Eleusine indica</i> ($\sqrt{\sqrt{\sqrt{+0,5}}}$)	98
34. Data asli persen kerusakan <i>Asystasia gangetica</i>	99
35. Transformasi data persen kerusakan <i>Asystasia gangetica</i> ($\sqrt{+0,5}$)	99
36. Data asli persen kerusakan <i>Axonopus compressus</i>	100
37. Transformasi data persen kerusakan <i>Axonopus compressus</i> ($\sqrt{+0,5}$)	100
38. Data asli persen kerusakan <i>Cyperus kyllingia</i>	101
39. Transformasi data persen kerusakan <i>Cyperus kyllingia</i> ($\sqrt{+0,5}$)	101
40. Data asli persen kerusakan <i>Eleusine indica</i>	102
41. Transformasi data persen kerusakan <i>Eleusine indica</i> ($\sqrt{+0,5}$)	102
42. Data asli tingkat kehijauan daun <i>Asystasia gangetica</i>	103
43. Transformasi data tingkat kehijauan daun <i>Asystasia gangetica</i> ($\sqrt{}$)	103
44. Data asli tingkat kehijauan daun <i>Axonopus compressus</i>	104
45. Transformasi data tingkat kehijauan daun <i>Axonopus compressus</i> ($\sqrt{}$)	104
46. Data asli tingkat kehijauan daun <i>Cyperus kyllingia</i>	105
47. Transformasi data tingkat kehijauan daun <i>Cyperus kyllingia</i> ($\sqrt{}$)	105
48. Data asli tingkat kehijauan daun <i>Eleusine indica</i>	106
49. Transformasi data tingkat kehijauan daun <i>Eleusine indica</i> ($\sqrt{}$)	106
50. Analisis ragam bobot kering <i>Asystasia gangetica</i>	107
51. Analisis ragam bobot kering <i>Axonopus compressus</i>	107
52. Analisis ragam bobot kering <i>Cyperus kyllingia</i>	107
53. Analisis ragam bobot kering <i>Eleusine indica</i>	108
54. Analisis ragam persen kerusakan <i>Asystasia gangetica</i>	108
55. Analisis ragam persen kerusakan <i>Axonopus compressus</i>	108

56. Analisis ragam persen kerusakan <i>Cyperus kyllingia</i>	109
57. Analisis ragam persen kerusakan <i>Eleusine indica</i>	109
58. Analisis ragam tingkat kehijauan daun <i>Asystasia gangetica</i>	109
59. Analisis ragam tingkat kehijauan daun <i>Axonopus compressus</i>	110
60. Analisis ragam tingkat kehijauan daun <i>Cyperus kyllingia</i>	110
61. Analisis ragam tingkat kehijauan Daun <i>Eleusine indica</i>	110

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Gulma <i>Asystasia gangetica</i>	10
2. Gulma <i>Axonopus compressus</i>	11
3. Gulma <i>Cyperus kyllingia</i>	12
4. Gulma <i>Eleusine indica</i>	13
5. Skema Penghambatan <i>EPSP-synthase</i> oleh Glifosat	25
6. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma <i>Asystasia gangetica</i> terhadap Glifosat	33
7. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma <i>Axonopus compressus</i> terhadap Glifosat	33
8. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma <i>Cyperus kyllingia</i> terhadap Glifosat	34
9. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma <i>Eleusine indica</i> terhadap Glifosat	34
10. Nilai Persen Keracunan Gulma <i>Asystasia gangetica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat Dosis 960 g/ha (D ₁), 1.920 g/ha (D ₂), 3.840 g/ha (D ₃) 7.680 g/ha (D ₄), 15.360 g/ha (D ₅) dan 30.720 g/ha (D ₆)	40
11. Respon <i>Asystasia gangetica</i> Terpapar dan Tidak Terpapar Glifosat Akibat Perlakuan Herbisida Berbahan Aktif Glifosat Pada 21 HSA	41
12. Nilai Persen Keracunan Gulma <i>Axonopus compressus</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat Dosis 960 g/ha (D ₁), 1.920 g/ha (D ₂), 3.840 g/ha (D ₃) 7.680 g/ha (D ₄), 15.360 g/ha (D ₅) dan 30.720 g/ha (D ₆)	52

13. Respon <i>Axonopus compressus</i> Terpapar dan Tidak Terpapar Glifosat Akibat Perlakuan Herbisida Berbahan Aktif Glifosat Pada 21 HSA	53
14. Nilai Persen Keracunan Gulma <i>Cyperus kyllingia</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat Dosis 960 g/ha (D ₁), 1.920 g/ha (D ₂), 3.840 g/ha (D ₃) 7.680 g/ha (D ₄), 15.360 g/ha (D ₅) dan 30.720 g/ha (D ₆)	63
15. Respon <i>Cyperus kyllingia</i> Terpapar dan Tidak Terpapar Glifosat Akibat Perlakuan Herbisida Berbahan Aktif Glifosat Pada 21 HSA	64
16. Nilai Persen Keracunan Gulma <i>Eleusine indica</i> Akibat Aplikasi Herbisida Glifosat Dosis 960 g/ha (D ₁), 1.920 g/ha (D ₂), 3.840 g/ha (D ₃) 7.680 g/ha (D ₄), 15.360 g/ha (D ₅) dan 30.720 g/ha (D ₆)	74
17. Respon <i>Eleusine indica</i> Terpapar dan Tidak Terpapar Glifosat Akibat Perlakuan Herbisida Berbahan Aktif Glifosat Pada 21 HSA	75

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Komoditas kelapa sawit merupakan salah satu sektor penunjang pendapatan dari sektor non migas bagi Indonesia. Permintaan terhadap hasil olahan kelapa sawit khususnya minyak kelapa sawit selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Salah satu permasalahan yang ada di perkebunan kelapa sawit adalah penurunan produksi yang disebabkan oleh keberadaan gulma. Hal ini dikarenakan gulma dapat menjadi kompetitor bagi tanaman dalam memperoleh unsur hara dan faktor tumbuh lainnya.

Untuk mengatasi keberadaan gulma di areal perkebunan kelapa sawit maka diperlukan suatu tindakan pengendalian. Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan berbagai cara, yaitu : mekanis, kultur teknis, fisik, biologis, kimia dan terpadu. Pengendalian gulma secara kimia dengan menggunakan herbisida lebih diminati karena mudah digunakan, membutuhkan tenaga kerja yang sedikit, hemat waktu dan lebih cepat dalam proses mengendalikan gulma.

Salah satu herbisida yang banyak digunakan untuk mengendalikan gulma adalah glifosat. Glifosat dipasarkan oleh Monsanto pada tahun 1970-an dengan merek dagang Roundup® dan hingga kini banyak digunakan di seluruh dunia. Glifosat memiliki beberapa keunggulan, yaitu : mudah dalam penggunaannya, efektif, hemat waktu dan membutuhkan sedikit tenaga kerja (Baylis, 2000).

Glifosat [*N*-(phosphonomethyl)glycine] merupakan herbisida non-selektif, memiliki spektrum yang luas, bersifat sistemik, dan umumnya digunakan sebagai herbisida pascatumbuh serta merupakan herbisida yang telah digunakan lebih dari 3 dekade. Cara kerja glifosat ialah dengan menghambat biosintesis asam amino aromatik (phenylalanine, tryptophan, dan tyrosine) melalui penghambatan enzim EPSPS terlebih dahulu (Nandula *et al*, 2005).

Pemakaian herbisida yang sama, baik dari segi jenis bahan aktif ataupun cara kerja yang dilakukan secara berulang-ulang dalam periode yang lama pada suatu areal menjadi satu faktor pemicu terjadinya dominansi populasi gulma resisten herbisida (Purba, 2009).

Resistensi gulma terhadap herbisida mengalami peningkatan pesat pada beberapa dekade terakhir. Populasi resisten merupakan suatu kemampuan heritabilitas satu biotipe atau populasi gulma untuk bertahan hidup akibat aplikasi herbisida (Reade dan Milner, 2004). Meningkatnya resistensi herbisida merupakan suatu proses evolusi, sebagai hasil penggunaan terus-menerus dari suatu herbisida, populasi gulma

perlahan-lahan berubah mulai dari komposisi gen sehingga menyebabkan resistensi dari suatu jenis gulma meningkat dan dapat beradaptasi dengan jenis herbisida yang diberikan (Jasieniuk *et al*, 1996 dalam Yulivi *et al*, 2014).

Untuk pertama kalinya kasus resistensi terhadap herbisida dilaporkan pada tahun 1957 di Hawaii yaitu kasus resistensi wortel spesies liar terhadap herbisida 2,4-D (golongan phenoxy). Selanjutnya, pada tahun 1970 di Washington (Amerika Serikat) terjadi kasus resisten *Senecio vulgaris* terhadap herbisida triazine. Pada tahun 1980, *Conyza canadensis*, *Erigeron philadelphicus* L., *E. sumatrensis* dan *Youngia japonica* DC. diidentifikasi resisten terhadap paraquat pada kebun buah-buahan di Jepang. Pada tahun 1996 di Australia ditemukan biotipe gulma yang resisten terhadap glifosat yaitu Rigid ryegrass (*Lolium rigidum*) dan kemudian dilaporkan pada tahun 1997 di Australia (Heap, 2005).

Menurut Purba (2009), di perkebunan Malaysia telah dilaporkan bahwa ada tiga jenis gulma yang resisten terhadap glifosat, yaitu *Hedyotis verticillata*, *Chromolaena odorata* dan *Eleusine Indica*. Hal ini dikarenakan penggunaan herbisida pada perkebunan merupakan hal yang utama, sehingga penyemprotan herbisida secara kontinyu dalam jangka waktu yang lama menyebabkan perubahan gen pada populasi yang sebelumnya toleran menjadi resisten. Lee dan Ngim (2000) melaporkan bahwa 8 dari 10 populasi biotip rumput belulang yang berasal dari perkebunan buah di Malaysia telah menjadi resisten terhadap glifosat. Topografi Indonesia yang memiliki

kemiripan dengan Malaysia memperkuat dugaan jika resistensi juga terjadi pada gulma-gulma yang ada di Indonesia.

Hasil penelitian Dalimunthe *et al* (2015) menunjukkan bahwa adanya resistensi terhadap glifosat dan parakuat pada populasi *Eleusine Indica* yang berasal dari Kebun Adolina (PTPN IV Perbaungan (EAD), Sumatera Utara) dengan tingkat resistensi terhadap glifosat dan parakuat masing-masing 7,5 dan 5,5 kali lipat dari populasi toleran berdasarkan analisis LD₅₀. Hal ini menjadi bahan acuan untuk meneliti kemungkinan munculnya kasus resistensi gulma terhadap herbisida di daerah Lampung.

Pengujian resistensi terhadap herbisida umumnya dilakukan melalui pendekatan bioassays. Bioassays dilakukan dengan menanam bibit gulma di dalam pot kemudian mengaplikasikan herbisida yang akan diuji. Jika pengujian resistensi terhadap herbisida tertentu untuk pertama kalinya, perlu dilakukan uji *dose-response assays* untuk menentukan tingkat toleransi dan menentukan berbagai dosis yang berbeda untuk menguji sejumlah besar sampel (Burgos *et al*, 2013). Seiring dengan kemajuan teknologi, pengujian resistensi terus berkembang dan memiliki berbagai macam metode yang dapat dilakukan dari yang sederhana hingga yang lebih rumit, misalnya menggunakan *Seed Bioassays*, *Greenhouse Bioassays* dan *Molecular Assays*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka dapat disusun perumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kecepatan herbisida glifosat dalam meracuni gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar dan tidak terpapar glifosat?
2. Berapakah nilai *Median Effective Dose* (ED₅₀) gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar dan tidak terpapar glifosat?
3. Berapakah nilai tingkat resistensi gulma / Nisbah Resistensi (NR) dari gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut :

1. Mengetahui kecepatan reaksi meracuni dari herbisida glifosat atau nilai *Median Lethal Time* (LT₅₀) terhadap gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar dan tidak terpapar glifosat.
2. Mengetahui nilai *Median Effective Dose* (ED₅₀) gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar dan tidak terpapar glifosat.

3. Mengetahui nilai Nisbah Resistensi (NR) dan status penggolongan gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica*.

1.4 Kerangka Pemikiran

Pengendalian gulma pada perkebunan sawit menjadi sangat penting. Hal ini dikarenakan gulma menjadi pesaing bagi tanaman dalam tumbuh dan berkembang. Pengendalian gulma dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya dengan melakukan pengendalian gulma secara kimiawi yaitu dengan menggunakan herbisida untuk menekan populasi gulma. Salah satu herbisida yang banyak digunakan pada bidang pertanian adalah herbisida glifosat.

Mekanisme kerja glifosat dalam mengendalikan gulma terbilang cukup unik karena molekul glifosat menjadi satu-satunya yang sangat efektif dalam menghambat enzim 5-enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase (EPSPS) pada jalur shikimate. EPSPS terletak terutama di plastida, meskipun terdapat juga di sitoplasma. Penghambatan EPSPS menghasilkan akumulasi shikimate-3-fosfat, kemudian memblokir produksi asam amino aromatik dan pada akhirnya mempengaruhi sintesis protein. Meskipun EPSPS menjadi satu-satunya target enzim dari glifosat, hal itu banyak mempengaruhi proses fisikokimia dan fisiologis antara lain penurunan proses fotosintesis dan degradasi klorofil; penghambatan transport auksin dan peningkatan oksidasi auksin.

Penggunaan herbisida menjadi suatu hal yang wajib dalam metode pemeliharaan di areal perkebunan karena dinilai efektif, efisien (waktu, biaya, tenaga) serta mudah untuk diaplikasikan. Hal ini yang kemudian memacu untuk menggunakan herbisida dalam jangka waktu yang panjang. Dampak penggunaan terus-menerus dari suatu herbisida, mengakibatkan munculnya populasi gulma yang perlahan-lahan mengalami mutasi gen sehingga menyebabkan resistensi pada gulma tersebut. Resistensi gulma terhadap herbisida dapat diartikan sebagai kemampuan gulma untuk dapat bertahan hidup dan beregenerasi secara normal meskipun terpapar oleh herbisida.

Untuk mengetahui ada atau tidaknya resistensi gulma terhadap herbisida maka diperlukan suatu pengujian tentang resistensi. Pengujian resistensi dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti *Seed Bioassays* (menggunakan biji gulma), *Whole-plant Bioassays* (menggunakan bibit gulma), *Molecular Assays* dan *Analytical Assays*.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka untuk menjawab rumusan masalah diajukan hipotesis sebagai berikut:

1. Kecepatan reaksi meracuni (LT₅₀) dari herbisida glifosat terhadap gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar lebih lambat daripada keempat jenis gulma tersebut yang tidak terpapar glifosat.

2. Nilai ED₅₀ gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar glifosat lebih tinggi dibandingkan keempat jenis gulma tersebut yang tidak terpapar glifosat.
3. Gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus Kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar glifosat memiliki tingkat resistensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan keempat gulma tersebut yang tidak terpapar glifosat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Morfologi dan Taksonomi Gulma

2.1.1 Gulma *Asystasia gangetica*

Gulma *Asystasia gangetica* tergolong gulma berdaun lebar. *Asystasia gangetica* memiliki panjang batang berkisar 1-3 meter yang tumbuh secara tegak, menjalar atau memanjat. Daun berbentuk elips dengan ujung daun meruncing. Bunga berwarna putih dengan bagian dalam bunga berwarna ungu serta berkembangbiak dengan menggunakan biji.

Asystasia gangetica memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Scrophulariales

Famili : Acanthaceae

Genus : *Asystasia*

Spesies : *Asystasia gangetica* (CABI, 2017).



Gambar 1. Gulma *Asystasia gangetica*

2.1.2 Gulma *Axonopus compressus*

Gulma *Axonopus compressus* merupakan jenis gulma yang berasal dari golongan rumput. Daun *Axonopus compressus* memiliki tinggi 15-20 cm, lebar 4-18 mm dan panjang 2-16 cm. Bunga *Axonopus compressus* terdiri dari 2-3 malai dan terdapat bulir-bulir dengan ukuran panjang 2,0-3,5 mm.

Axonopus compressus memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Spermatophyta

Kelas : Monocotyledonae

Ordo : Cyperales

Famili : Poaceae

Genus : *Axonopus*

Spesies : *Axonopus compressus* (Tropicalforages, 2017).



Gambar 2. Gulma *Axonopus compressus*

2.1.3 Gulma *Cyperus kyllingia*

Gulma *Cyperus kyllingia* adalah gulma golongan teki dan termasuk gulma tahunan. *Cyperus kyllingia* berkembangbiak dengan menggunakan biji dan rimpang. Batang *Cyperus kyllingia* tumbuh tegak dengan tinggi batang mencapai 55 cm. Daun *Cyperus kyllingia* berbentuk pita dan kaku. Bunga berbentuk bonggol, terdapat pada bagian ujung batang, dan berwarna putih.

Cyperus kyllingia memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Cyperales

Famili : Cyperaceae

Genus : *Cyperus*

Spesies : *Cyperus kyllingia* (Ulluputty, 2014).



Gambar 3. Gulma *Cyperus kyllingia*

2.1.4 Gulma *Eleusine indica*

Gulma *Eleusine indica* tergolong dalam gulma rumput. *Eleusine indica* memiliki daun berbentuk pita dengan lebar 3-8 mm dan bunga yang berbentuk bulir yang terdiri dari 2 hingga 12 cabang yang tersusun secara menjari. Gulma *Eleusine indica* dapat berkembangbiak dengan menggunakan biji.

Gulma *Eleusine indica* memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (tumbuhan)

Divisi : Magnoliophyta (berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

Ordo : Poales

Famili : Poaceae (suku rumput-rumputan)

Genus : *Eleusine*

Spesies : *Eleusine indica* (CABI, 2017).



Gambar 4. Gulma *Eleusine indica*

2.2 Sejarah dan Perkembangan Resistensi

Herbisida telah mengendalikan gulma lebih dari 65 tahun. Di Amerika, ditemukan sebanyak 49 biotip gulma yang menjadi resisten terhadap herbisida, 24 biotip di Perancis dan Spanyol, 22 biotip di Australia dan Kanada, 18 biotip di Israel dan 16 biotip berasal dari Inggris. Kasus resistensi pertama kalinya yang terjadi di Washington (Amerika Serikat) yaitu kasus resisten *Senecio vulgaris* terhadap herbisida triazine pada tahun 1968. Pada periode 1970-1977, rata-rata ditemukan satu biotip baru yang telah menjadi resisten terhadap herbisida per tahun. Akhir tahun 1970, banyak peneliti yang tertarik tentang fenomena resistensi terhadap triazine dan identifikasi kasus resistensi gulma menjadi meningkat. Sejak 1978, jumlah kasus baru Resistensi gulma terhadap glifosat relatif konstan, rata-rata sembilan kasus baru per tahun (Heap, 1997). Resistensi herbisida adalah kemampuan yang dimiliki gulma untuk bertahan hidup dan tetap bereproduksi dengan normal meskipun terpapar

herbisida yang biasanya herbisida tersebut dapat mematikan jika diaplikasikan pada spesies gulma liar. Frekuensi sifat resistensi dalam populasi dalam menentukan tingkat seleksi resistensi antar spesies gulma. Misalnya, ketahanan terhadap triazines berkembang setelah 10 tahun penggunaan secara terus-menerus (Prather *et al*, 2000).

Pemakaian herbisida secara terus menerus dalam jangka waktu yang lama mengakibatkan terjadinya dominansi populasi gulma resisten-herbisida atau dominansi gulma toleran herbisida. Populasi gulma resisten merupakan suatu kemampuan gulma untuk bertahan hidup secara normal pada dosis herbisida yang biasanya mematikan populasi tersebut. Hal ini terjadi akibat adanya tekanan seleksi oleh penggunaan herbisida sejenis secara berulang-ulang dalam periode yang lama. Spesies gulma yang dapat hidup normal setelah mendapat perlakuan herbisida disebut sebagai gulma toleran. Kemampuan ini dimiliki oleh semua individu anggota spesies gulma tersebut dan bukan hasil dari adanya tekanan seleksi (Purba, 2009).

Selama tahun 1940-an setelah perang dunia II, pemakaian 2,4-D sebagai herbisida semakin intensif untuk pengendalian gulma. Selama 50 tahun terakhir, terjadi peningkatan penggunaan herbisida pada lahan pertanian sehingga menyebabkan terjadinya resistensi terhadap herbisida. Beberapa karakteristik herbisida yang dapat memicu perkembangan resistensi, antara lain :

- a) Herbisida yang hanya bekerja pada satu lokasi target tertentu
- b) Herbisida yang digunakan beberapa kali selama musim tanam atau yang memiliki kemampuan meresidu tanah dalam jangka waktu yang panjang

- c) Penggunaan herbisida secara kontinyu di lokasi yang sama pada tanaman yang sama maupun pada tanaman yang berbeda (Baumann, 2004).

Berdasarkan data yang berhasil dihimpun hingga saat ini, diketahui bahwa Amerika menduduki peringkat pertama dengan jumlah gulma resisten herbisida sebanyak 144 spesies, diikuti Australia sebanyak 62 spesies, Kanada dan Perancis masing-masing sebanyak 59 dan 35 spesies gulma resisten herbisida (Heap, 2014).

2.3 Resistensi Gulma Terhadap Glifosat

Sedikitnya ada 7 spesies gulma yang telah dikonfirmasi dan dilaporkan mengalami resisten terhadap glifosat, yaitu *Lolium rigidum*, *Lolium multiflorum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Conyza canadensis*, *Amaranthus palmerii*, *Amaranthus tuberculatus* dan *Ambrosia trifida*. Diantara ketujuh gulma resisten glifosat, *Conyza Canadensis* paling banyak ditemukan karena penyebaran benih yang sangat luas (Foresman dan Glasglow, 2008).

Resistensi terhadap glifosat di Australia pertama kalinya ditemukan pada *Lolium rigidum* tahun 1996. Ketergantungan terhadap glifosat untuk pengendalian *Lolium rigidum* pada akhirnya mengakibatkan frekuensi populasi resisten glifosat menjadi meningkat pesat. Sebagian besar spesies juga terindikasi menjadi resisten terhadap jenis herbisida lainnya (Owen dan Powles, 2010). Sampai saat ini, resistensi terhadap glifosat telah diamati pada empat spesies, yaitu *Conyza canadensis* (L.) Cronquist,

Eleusine indica (L.) Gaertn., *Lolium multiflorum* Lam. dan *Lolium rigidum* (Heap, 2005). Resistensi glifosat pada *Lolium multiflorum* Lam. pertama kali ditemukan di tepi jalan Chilean (Perez dan Kogan, 2013) kemudian ditemukan di tepi jalan Oregon, USA (Perez-Jones *et al*, 2005).

Hasil penelitian Chuah *et al* (2005) menunjukkan bahwa *Hedyotis verticillata* yang berasal dari perkebunan kelapa sawit di daerah Trengganu (Malaysia) terbukti menjadi resisten terhadap glifosat dan paraquat dan terbukti 2-4 kali lebih tahan dibandingkan biotip toleran.

Conyza Canadensis termasuk ke dalam 10 spesies gulma yang berkembang menjadi resisten terhadap herbisida. Penyebaran populasi resisten *Conyza Canadensis* dapat disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu distribusi penyebaran spesies yang relative cepat, kemampuan adaptasi gulma yang tinggi diberbagai lingkungan (lahan budidaya atau lahan non budidaya), kurangnya pemeliharaan lahan atau dapat juga disebabkan oleh potensi menghasilkan benih yang besar (Gadamski *et al*, 2000). Biotip dengan 4-12 kali lipat resisten terhadap glifosat telah ditemukan di Delaware (VanGessel 2001).

Kasus resistensi glifosat pada *Amaranthus palmeri* pertama kali dilaporkan pada tahun 2006 di Negara bagian Georgia (U.S) dan saat ini penyebaran populasi resisten semakin meluas. Selain ditemukan di Georgia, populasi resisten *Amaranthus palmeri* juga dapat ditemukan di daerah-daerah lain di U.S. meliputi Tennessee, 10 Arkansas,

North Carolina, New Mexico, Alabama, Mississippi, Missouri dan South Carolina (Gaines *et al*, 2011).

Resistensi herbisida adalah hasil seleksi alam yang normal terjadi dan dapat diprediksi. Resistensi herbisida terjadi akibat penggunaan herbisida secara terus menerus ke titik di mana populasi gulma tidak lagi dikendalikan oleh herbisida pada dosis yang direkomendasikan. Ada lima mekanisme utama resistensi herbisida, yaitu :

1. Adanya mutasi yang menyebabkan lokasi target resistensi berubah atau mengurangi kemampuan herbisida untuk mengikat lokasi target.
2. Peningkatan metabolisme adalah peningkatan kemampuan tanaman mendegradasi herbisida sebelum membunuh tanaman.
3. Penurunan absorpsi dan /atau translokasi dapat menyebabkan terhambatnya laju herbisida ke lokasi target sehingga memungkinkan tanaman menjadi resisten.
4. Sequestrasi herbisida ke dinding sel atau ke dalam vakuola mengurangi konsentrasi herbisida dalam menjangkau lokasi target dan mengakibatkan terjadinya resistensi.
5. Amplifikasi gen meningkatkan produksi enzim target sehingga menyebabkan herbisida membutuhkan konsentrasi lebih tinggi untuk menghambat enzim target dan menyebabkan kematian pada tumbuhan (Foresman dan Glasgow, 2008).

Mekanisme resistensi herbisida telah teridentifikasi pada *Conyza canadensis*, *Eleusine indica* dan *Lolium rigidum*. Pada kasus *Eleusine indica*, mekanisme resistensi berupa berkurangnya sensitifitas enzim target (*EPSP-synthase*) terhadap glifosat. Perubahan ini disebabkan oleh mutasi gen *EPSP-synthase*, menghasilkan perubahan asam amino seperti Pro106–Ser (*proline-to-serine substitution at amino acid 106*) dan Pro106–Thr (*proline-to-threonine substitution at amino acid 106*). Mekanisme resistensi lainnya ditunjukkan oleh *Lolium rigidum*, dimana translokasi glifosat ke bagian akar menjadi berkurang dan juga terjadi pada meristem batang dan tunas, namun meningkatkan translokasi ke bagian ujung daun. Mekanisme serupa juga ditemukan pada *Conyza canadensis*. Pada *Lolium multiflorum* asal Chile, teridentifikasi 3 faktor yang menyebabkan terjadinya resistensi, yaitu retensi semprot yang lebih rendah, serapan daun lebih rendah dari permukaan daun abaxial serta adanya perubahan pola translokasi. Penurunan pada retensi semprot dan serapan daun merupakan mekanisme baru ketahanan terhadap glifosat (Michitte *et al*, 2007).

2.4 Pengujian Resistensi Gulma

Resistensi terhadap herbisida dapat diketahui dengan melakukan suatu tes atau pengujian terhadap suatu populasi gulma yang diduga telah berkembang dari biotip rentan menjadi biotip resisten. Menurut Beffa *et al*, 2012, dalam menguji resistensi terhadap herbisida dapat menggunakan 4 metode, yaitu *Greenhouse Bioassays*, *Biochemical assays*, *Molecular assays* dan *Analytical assays*.

Greenhouse Bioassays

Pengujian resistensi dengan metode *Greenhouse Assays* umumnya menggunakan bibit gulma (whole plant) lalu kemudian mengamati respon gulma terhadap herbisida. Data hasil pengamatan dapat diperoleh melalui beberapa pengamatan, antara lain dengan pengamatan visual, jumlah kematian gulma akibat herbisida atau berdasarkan bobot segar gulma. Untuk keakuratan data dapat diperoleh dengan membandingkan respon dari gulma resisten dan gulma sensitif herbisida dan juga dengan menerapkan 6-8 dosis perlakuan herbisida. Kelemahan dari metode ini ialah memerlukan waktu yang cukup lama, biaya yang besar serta memerlukan tempat yang luas.

Biochemical assays

Metode ini menguji resistensi berdasarkan perubahan enzim gulma sebagai respon terhadap herbisida. Metode ini dapat digunakan untuk menunjukkan korelasi hubungan antara perubahan enzim pada biotip resisten dengan umur tanaman. Diperlukan keahlian yang memumpuni serta waktu yang cukup lama untuk melakukan metode ini.

Molecular assays

Metode ini digunakan untuk mengamati terjadinya mutasi gen pada gulma sebagai respon terhadap pemberian herbisida. Metode sejenis ini juga dapat digunakan untuk menggandakan jumlah gen atau menganalisis ekspresi gen dengan menggunakan microarray.

Analytical assays

Pengujian dengan menggunakan metode ini dapat dilakukan untuk kuantitatif maupun kualitatif serta kemungkinan dapat digunakan untuk menetapkan EMR (Enhanced Metabolic Resistance) pada jenis gulma monokotil dan dikotil yang ditemukan di lahan gandum. Metode ini juga dapat digunakan untuk studi pendekatan tentang transport, uptake atau sequestration herbisida. Akan tetapi diperlukan keahlian khusus dan waktu yang lama untuk melakukan metode ini.

Petri dish-based assays

Petri dish-based assays merupakan salah satu metode pengujian resistensi terhadap herbisida. Penggunaan metode ini dinilai lebih sederhana, cepat dan berguna untuk menentukan konsentrasi herbisida yang berada di suatu larutan ataupun didalam tanah serta dapat pula digunakan untuk mengetahui respon perbibitan terhadap berbagai konsentrasi trifluralin pada media. Ketika menggunakan metode ini, parameter pengamatan menunjukkan bahwa biotip resisten sangat tidak sensitif terhadap pemberian berbagai konsentrasi herbisida dibandingkan dengan biotip rentan herbisida.

Petridish bioassays umumnya membutuhkan panjang tunas atau akar sebagai parameter pertumbuhan untuk membedakan respon antara biotip resisten dan biotip rentan terhadap larutan herbisida yang berkembang didalam suatu populasi. Metode ini telah dikembangkan untuk menduga resistensi *Setaria viridis* terhadap herbisida

dinitroaniline. Selain menggunakan petridish bioassays, pengujian resistensi juga dapat menggunakan metode *seed bioassays*.

Penggunaan metode ini juga hanya memerlukan waktu yang singkat (7 hari), tidak membutuhkan banyak tenaga, tidak memerlukan areal yang luas, lebih sederhana dan lebih murah dibandingkan *ACCase assay*. Sebelum dilakukan pengujian, umumnya benih gulma diberi perlakuan berupa pelukaan pada kulit benih, pendinginan atau dengan pemberian larutan KNO_3 (0,2%) untuk mendapatkan perbibitan yang seragam (Beckie *et al*, 1990).

Screening Test

Pada uji screening, tanaman dapat ditumbuhkan dengan menggunakan media kertas saring atau media agar (*soilless* atau *dish assays*). *Soilless assays* juga dapat menunjukkan hasil berupa respon antara spesies resisten dan spesies rentan sebagaimana yang ditunjukkan oleh metode *pot assays* namun *soilless assays* tidak cukup akurat dibandingkan dengan *pot bioassays* dalam menunjukkan dampak dari resistensi terhadap herbisida di lahan. Metode ini cocok diterapkan untuk screening yang memerlukan sampel dalam jumlah banyak, waktu yang singkat serta dengan biaya yang terjangkau. Penggabungan metode *soilless assays*, *whole-plant bioassays* dan *in vitro assays* dapat mengidentifikasi adanya resistensi terhadap herbisida serta dapat mengukur kemampuan fotosintesis, fluorescence, jumlah pigmen atau protein dan aktifitas enzim yang menjadi target dari herbisida tertentu. (Beckie *et al*, 2000).

Sygenta Quick-Test (QT)

Sebagai salah satu perusahaan yang memproduksi herbisida, sygenta juga melakukan pengujian tentang resistensi terhadap herbisida yang dikenal dengan nama “Quick-Test (QT)”. Pengujian ini menggunakan *whole-plant* yang dirancang untuk mendeteksi dengan cepat apakah gulma yang terpapar herbisida di lapangan merupakan spesies resisten tanpa berhubungan dengan uji laboratorium. Quick-Test sangat sederhana, kuat, hemat biaya, cepat dan dapat menjadi acuan dalam memberikan opsi bagi para petani dalam mengendalikan gulma yang resisten terhadap herbisida. Metode ini merupakan alat diagnosis terbaru dibandingkan dengan “*Seed Test*” yang merupakan metode konvensional (Boutsalis, 2001).

Pollen Test

Bioassay dengan menggunakan polen terbukti bermanfaat untuk mendeteksi resistensi pada tanaman. Hal ini dikarenakan polen mudah didapat dan berjumlah cukup banyak. Sampel serbuk sari dapat dengan cepat dan mudah diuji dalam menanggapi perbedaan dosis berbagai herbisida untuk mencirikan pola resistensi atau resistensi silang dalam suatu populasi. Dengan demikian, resistensi yang tersedia adalah hasil dari mutasi *target-site*, uji ini mungkin berguna untuk menentukan apakah herbisida masih efisien untuk mengontrol populasi resisten. Pengujian ini dapat memberikan penjelasan untuk beberapa kegagalan herbisida dalam mengontrol gulma. Selain itu, dibandingkan dengan teknik semprot atau uji perbibitan, yang bergantung pada periode produksi benih dan mekanisme dormansi benih, *pollen-test*

memberikan lebih banyak waktu untuk menerapkan strategi kontrol yang tepat pada tahun berikutnya (Letouze dan Gasquez, 2000).

Seedling Bioassay

Pengujian resistensi terhadap herbisida dengan menggunakan metode *Seedling Bioassay* memerlukan waktu, pekerja dan tempat yang intensif. Kekurangan lain dari metode pengujian ini adalah ketidakmampuan suatu tanaman menghasilkan benih ketika dipindahkan ke ruang pertumbuhan dan memiliki potensial terjadinya dormansi benih. Penjelasan pola *cross-resistance* herbisida membutuhkan aplikasi beberapa jenis herbisida untuk diberikan pada spesies tanaman yang diduga resisten dan spesies tanaman liar yang membutuhkan ruang tumbuh atau rumah kaca. Pada akhirnya pengujian ini hanya menghasilkan informasi tentang adanya resistensi namun tidak menjelaskan tentang mekanisme resistensi (Ferguson *et al*, 2001).

Enzyme-based Test

Tanaman dengan sasaran herbisida berupa *site-based* memiliki ALS yang kurang dipengaruhi oleh penghambat ALS dibandingkan dengan enzim ALS yang berasal dari populasi tipe liar. Banyak pengujian yang mengukur aktivitas ALS untuk kehadiran dan perkembangan penghambat ALS. ALS dapat diekstraksi dari setiap jaringan tanaman, meskipun sebagian besar tes ini menggunakan ALS yang diekstrak dari bagian baru tumbuh, seperti enzim yang paling aktif dalam jaringan meristematik aktif secara metabolik. Sebagian pengujian ALS secara *in vitro* digunakan untuk

mengukur akumulasi asetoin sebagai fungsi dari aktivitas ALS untuk mendeteksi resistensi terhadap penghambat ALS. Kelemahan dari metode ini adalah memerlukan waktu yang cukup lama untuk pengerjaannya dan hasil ekstraksi enzim tidak stabil dan cepat mengalami deteriorasi (Hall *et al*, 1998; Hinz dan Owen, 1997; Kwon dan Penner, 1995).

DNA-based Test

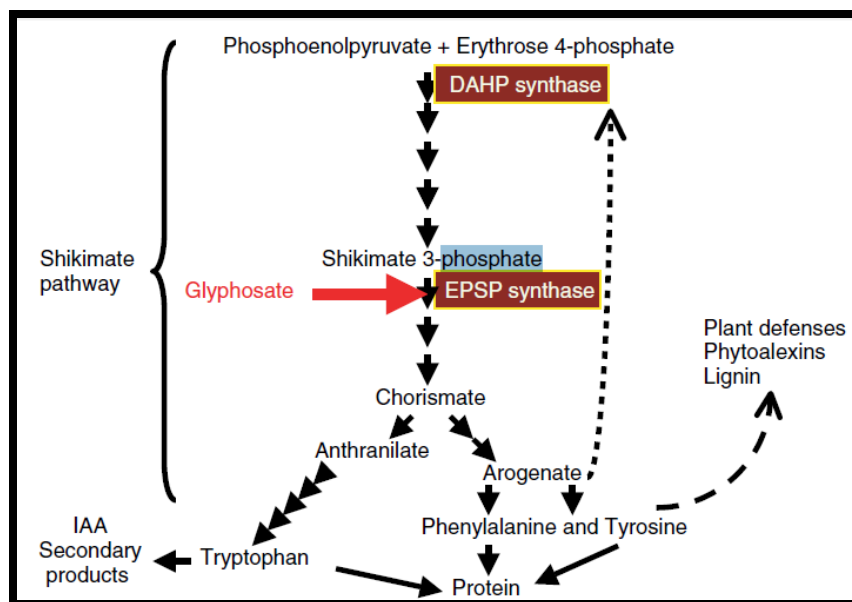
Metode ini berpotensi untuk mendiagnosis resistensi secara cepat dan akurat. Target resistensi penghambat ALS sering berupa substitusi nukleotida tunggal di gen ALS yang menghasilkan modifikasi asam amino. Jadi target resistensi dari penghambat ALS dapat dideteksi pada individu tanaman dengan menggunakan analisis rangkaian nukleotida ALS. Beberapa teknik PCR (polymerase chain reaction) yang mengidentifikasi substitusi nukleotida tunggal maupun ganda telah dikembangkan. PCR merupakan teknik untuk menandakan wilayah DNA (Boutsalis *et al*, 1999).

2.5 Herbisida Glifosat

Salah satu herbisida yang termasuk kategori herbisida paling penting dan paling sering digunakan didunia ialah glifosat karena sangat serba guna, memiliki spektrum yang luas dalam mengendalikan gulma semusim dan tahunan, rendah toksisitas terhadap mamalia, dan tidak bereaksi di dalam tanah. Sejak dirilis pada tahun 1974, glifosat mendominasi pemakaian herbisida di dunia. Sektor pertanian menggunakan

glifosat untuk mengendalikan gulma pada lahan budidaya tanaman, lahan tumpang sari dan disekitar pepohonan dan tanaman anggur. Pada sektor non pertanian, glifosat digunakan mengendalikan gulma di tepi jalan, saluran irigasi, area rekreasi, dan untuk mengendalikan gulma berkayu (Powles *et al*, 2006).

Glifosat [*N*-(phosphonomethyl)glycine] merupakan herbisida non-selektif, memiliki spektrum yang luas, bersifat sistemik, dan umumnya digunakan sebagai herbisida pasca tumbuh serta merupakan herbisida tua yang telah digunakan lebih dari 3 dekade. Cara kerja glifosat ialah dengan menghambat biosintesis asam amino aromatic (phenylalanine, tryptophan, and tyrosine) melalui penghambatan enzim ESPPS terlebih dahulu (Nandula *et al*, 2005).



Gambar 5. Skema penghambatan enzim *EPSP-synthase* oleh glifosat

Berdasarkan Gambar 5, diketahui bahwa glifosat mengikat dan memblokir aktifitas enzim *EPSP-synthase* yang berperan penting dalam mengubah karbohidrat sederhana yang berasal dari glikolisis dan jalur fosfat pentosa menjadi asam amino aromatik dan banyak bentuk lainnya yang berperan penting untuk metabolisme tumbuhan. Enzim ini umumnya terletak di kloroplas, tempat berlangsungnya katalisis reaksi shikimate-3-fosfat (S3P) dan phosphoenol piruvat untuk membentuk 5-enolpyruvyl-shikimate-3-fosfat (ESP). Persamaan struktural phosphoenol piruvat mengaktifkan glifosat untuk mengikat substrat enzim *EPSP-synthase*, menghambat aktifitas dan pemblokiran ke dalam kloroplas. Penghambatan jalur asam shikimic menyebabkan kekurangan asam amino aromatik hingga akhirnya menimbulkan kematian pada tumbuhan (Duke dan Powles, 2008).

Gejala awal yang muncul setelah aplikasi glifosat berupa terhambatnya pertumbuhan diikuti dengan munculnya klorosis pada bagian tanaman. Gejala lambat untuk berkembang dan jika suhu lingkungan rendah maka perkembangan gejala akan semakin melambat. Setelah 5-10 hari setelah aplikasi glifosat, klorosis akan berubah menjadi nekrosis dan tanaman mulai mengalami kematian. Laporan awal penelitian mekanisme glifosat menunjukkan adanya penurunan asam amino aromatik fenilalanin dan tirosin pada jaringan tanaman. Penurunan asam amino dapat menurunkan sintesis protein yang kemudian menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman. Penelitian lebih lanjut menunjukkan level shikimate meningkat pada jaringan tanaman yang terpapar glifosat. Akumulasi shikimate muncul sebagai langkah glifosat menghambat enzim kloroplas *EPSP-synthase* (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate syntase).

EPSP- synthase merupakan enzim yang terdapat pada siklus biosintesis asam amino aromatik. Enzim ini banyak ditemukan di kloroplas dan memiliki kemampuan untuk mengubah S-3-P (Shikimate-3-Phosphate) menjadi *EPSP- synthase* yang pada akhirnya menghasilkan asam amino fenilalain, tirosin dan tryptophan. Shikimate meningkat pada jaringan tanaman karena S-3-P tidak dapat dikonversi menjadi EPSP dan juga dikarenakan S-3-P tidak stabil, sehingga dikonversikan menjadi shikimate dalam bentuk stabil yang menyebabkan terjadinya penumpukan shikimate (Monaco *et al*, 2002).

Kasus resistensi glifosat di Malaysia pertama kalinya dilaporkan pada tahun 2000 oleh Lee dan Ngim. Lee dan Ngim berhasil mengidentifikasi biotip resisten pada spesies *Eleusine indica* di Malaysia. Resistensi terjadi sebagai akibat dari aplikasi glifosat secara terus menerus selama 6-8 tahun terakhir dan faktor lainnya yang mendukung terjadinya perkembangan resistensi (Shaner *et al*, 2011).

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai dengan Desember 2016 di Rumah Plastik Kebun Percobaan Desa Hajimena, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan dan Laboratorium Gulma Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur, *knapsack sprayer*, *rubber bulb*, nosel berwarna merah dengan lebar bidang semprot 2 meter, cangkul, gelas plastik dengan diameter 7,5 cm dan tinggi 14 cm, timbangan, alat tulis, oven, kamera, nampan plastik berukuran 40 cm x 30 cm, ember plastik, dan kantong kertas.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah bibit gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* yang berasal perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan yang telah terpapar glifosat dan gulma

pembanding yang berasal dari sekitar Universitas Lampung (UNILA) yang tidak pernah terpapar glifosat, hebisida berbahan aktif glifosat dengan merek dagang Kleenup 480 SL, pupuk kandang, tanah, dan air.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan survei lapang dan pengambilan bibit gulma yang dilakukan di areal perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan untuk mendapatkan gulma yang telah terpapar glifosat dan di sekitar Universitas Lampung (UNILA) untuk mendapatkan gulma yang tidak pernah terpapar glifosat sebelumnya. Tahap selanjutnya yaitu penanaman bibit gulma dan uji resistensi gulma dilakukan di kebun percobaan Desa Hajimena, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan.

3.3.1 Survei Lapang

Survei lapang dilakukan di dua lokasi yaitu areal perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan untuk menentukan lokasi pengambilan gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compresuss*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* yang telah terpapar glifosat sedangkan untuk mendapatkan gulma pembanding dilakukan survei lapang di sekitar Universitas Lampung (UNILA) yang tidak pernah terpapar glifosat sebelumnya.

3.3.2 Pengambilan Bibit Gulma

Pengambilan bibit gulma dilakukan di dua tempat yaitu perkebunan kelapa sawit Lampung Selatan dan di sekitar Universitas Lampung (UNILA). Bibit gulma yang digunakan dalam penelitian adalah yang memiliki 3-5 daun dan ukuran seragam. Pengambilan bibit gulma dilakukan menggunakan sekop kecil dan dilakukan dengan cara mengangkat bibit gulma beserta tanah di sekitar akarnya kemudian dipindahkan ke dalam kotak yang telah disediakan lalu disemprotkan air untuk menghindari *stress* pada gulma.

3.3.3 Penanaman Bibit Gulma

Media tanam yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari campuran pupuk kandang dan tanah dengan perbandingan 1:2. Setelah media tanam dicampur dan diratakan kemudian dimasukkan ke dalam pot plastik yang telah disiapkan. Dalam 1 pot plastik, masing-masing ditanam 1 bibit gulma. Pemeliharaan gulma seperti penyiraman dilakukan setiap hari pada pagi atau sore hari. Pencabutan gulma lain yang ikut tumbuh pada media tanam juga perlu dilakukan untuk menjaga kemurnian gulma spesies uji.

3.3.4 Pengujian Resistensi Gulma terhadap Glifosat

Sebelum herbisida diaplikasi, dilakukan kalibrasi untuk mengetahui volume semprot menggunakan *knapsack sprayer* bernosel warna merah dengan lebar bidang

semprot 2 meter. Kalibrasi dilakukan dengan metode luas untuk menentukan volume semprot yang dibutuhkan untuk petak berukuran 5 m x 2 m yang akan diaplikasi dengan hasil kalibrasi yaitu 500 ml/10m² setara dengan 500 l/ha. Aplikasi herbisida dilakukan pada pagi hari dengan menggunakan *knapsack sprayer* sesuai dengan dosis yang telah ditentukan. Penyemprotan herbisida dilakukan dari dosis terendah hingga dosis tertinggi.

Penelitian terdiri dari 4 percobaan. Percobaan pertama yaitu resistensi gulma *Asystasia gangetica* terhadap herbisida glifosat, percobaan kedua yaitu resistensi gulma *Axonopus compressus* terhadap herbisida glifosat, percobaan ketiga yaitu resistensi gulma *Cyperus kyllingia* terhadap herbisida glifosat dan percobaan keempat yaitu resistensi gulma *Eleusine indica* terhadap herbisida glifosat.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Petak Terbagi (split plot design) dengan 6 ulangan. Petak utama adalah tempat asal gulma (A) yang terdiri dari 2 taraf, yaitu A₁ (gulma terpapar glifosat) dan A₂ (gulma tidak terpapar glifosat). Anak petak adalah dosis herbisida yang digunakan dan terdiri dari tujuh taraf yang ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan dosis herbisida glifosat dalam pengujian resistensi gulma.

Perlakuan dosis	Dosis bahan aktif IPA glifosat (g/ha)	Dosis formulasi Kleen Up 480SL (ℓ/ha)
D ₀	0	0
D ₁	960	2
D ₂	1.920	4
D ₃	3.840	8
D ₄	7.680	16
D ₅	15.360	32
D ₆	30.720	64

Rancangan perlakuan tersebut diterapkan secara terpisah untuk masing-masing gulma (*Asystasia gangetica*, *Axonopus compresuss*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica*) yang digunakan sebagai spesies uji dalam penelitian ini.

Tata letak percobaan disusun berdasarkan hasil pengacakan pada setiap gulma. untuk tata letak percobaan gulma *Asystasia gangetica* dapaat dilihat pada Gambar 6, tata letak percobaan gulma *Axonopus compresuss* pada Gambar 7, tata letak percobaan gulma *Cyperus kyllingia* pada Gambar 8 dan tata letak percobaan gulma *Eleusine indica* pada Gambar 9.

Gulma *Asystasia gangetica*

I		II		III	
A ₁ D ₀	A ₁ D ₁	A ₁ D ₄	A ₁ D ₅	A ₁ D ₂	A ₁ D ₆
A ₁ D ₂	A ₁ D ₄	A ₁ D ₃	A ₁ D ₁	A ₁ D ₄	A ₁ D ₃
A ₁ D ₃	A ₁ D ₅	A ₁ D ₆	A ₁ D ₄	A ₁ D ₁	A ₁ D ₀
A ₁ D ₆		A ₁ D ₀		A ₁ D ₅	
A ₂ D ₅	A ₂ D ₂	A ₂ D ₃	A ₂ D ₄	A ₂ D ₄	A ₂ D ₁
A ₂ D ₀	A ₂ D ₁	A ₂ D ₂	A ₂ D ₀	A ₂ D ₅	A ₂ D ₆
A ₂ D ₆	A ₂ D ₄	A ₂ D ₅	A ₂ D ₆	A ₂ D ₀	A ₂ D ₃
A ₂ D ₃		A ₂ D ₁		A ₂ D ₂	
IV		V		VI	
A ₁ D ₆	A ₁ D ₀	A ₁ D ₅	A ₁ D ₃	A ₁ D ₃	A ₁ D ₂
A ₁ D ₂	A ₁ D ₅	A ₁ D ₀	A ₁ D ₂	A ₁ D ₆	A ₁ D ₄
A ₁ D ₅	A ₁ D ₄	A ₁ D ₆	A ₁ D ₁	A ₁ D ₀	A ₁ D ₅
A ₁ D ₁		A ₁ D ₄		A ₁ D ₁	
A ₂ D ₂	A ₂ D ₅	A ₂ D ₆	A ₂ D ₄	A ₂ D ₅	A ₂ D ₂
A ₂ D ₀	A ₂ D ₄	A ₂ D ₂	A ₂ D ₀	A ₂ D ₃	A ₂ D ₁
A ₂ D ₃	A ₂ D ₁	A ₂ D ₁	A ₂ D ₃	A ₂ D ₄	A ₂ D ₆
A ₂ D ₆		A ₂ D ₅		A ₂ D ₀	

Gambar 6. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma *Asystasia gangetica* terhadap Glifosat

• **Gulma *Axonopus compressus***

I		II		III	
A ₁ D ₂	A ₁ D ₁	A ₁ D ₃	A ₁ D ₅	A ₁ D ₅	A ₁ D ₃
A ₁ D ₃	A ₁ D ₀	A ₁ D ₆	A ₁ D ₂	A ₁ D ₂	A ₁ D ₁
A ₁ D ₆	A ₁ D ₅	A ₁ D ₀	A ₁ D ₁	A ₁ D ₀	A ₁ D ₄
A ₁ D ₄		A ₁ D ₄		A ₁ D ₆	
A ₂ D ₀	A ₂ D ₄	A ₂ D ₅	A ₂ D ₃	A ₂ D ₀	A ₂ D ₄
A ₂ D ₆	A ₂ D ₂	A ₂ D ₁	A ₂ D ₆	A ₂ D ₂	A ₂ D ₃
A ₂ D ₃	A ₂ D ₁	A ₂ D ₄	A ₂ D ₂	A ₂ D ₆	A ₂ D ₅
A ₂ D ₅		A ₂ D ₀		A ₂ D ₁	
IV		V		VI	
A ₁ D ₆	A ₁ D ₂	A ₁ D ₄	A ₁ D ₆	A ₁ D ₃	A ₁ D ₁
A ₁ D ₅	A ₁ D ₄	A ₁ D ₁	A ₁ D ₃	A ₁ D ₄	A ₁ D ₅
A ₁ D ₀	A ₁ D ₃	A ₁ D ₅	A ₁ D ₀	A ₁ D ₆	A ₁ D ₂
A ₁ D ₁		A ₁ D ₂		A ₁ D ₀	
A ₂ D ₃	A ₂ D ₀	A ₂ D ₀	A ₂ D ₂	A ₂ D ₂	A ₂ D ₃
A ₂ D ₁	A ₂ D ₂	A ₂ D ₅	A ₂ D ₆	A ₂ D ₆	A ₂ D ₀
A ₂ D ₆	A ₂ D ₄	A ₂ D ₄	A ₂ D ₁	A ₂ D ₁	A ₂ D ₅
A ₂ D ₅		A ₂ D ₃		A ₂ D ₄	

Gambar 7. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma *Axonopus compressus* terhadap Glifosat

- **Gulma *Cyperus kyllingia***

I		II		III	
A ₁ D ₅	A ₁ D ₃	A ₁ D ₃	A ₁ D ₄	A ₁ D ₂	A ₁ D ₆
A ₁ D ₁	A ₁ D ₆	A ₁ D ₆	A ₁ D ₂	A ₁ D ₀	A ₁ D ₁
A ₁ D ₄	A ₁ D ₂	A ₁ D ₁	A ₁ D ₀	A ₁ D ₃	A ₁ D ₅
A ₁ D ₀		A ₁ D ₅		A ₁ D ₄	
A ₂ D ₁	A ₂ D ₀	A ₂ D ₆	A ₂ D ₁	A ₂ D ₁	A ₂ D ₅
A ₂ D ₄	A ₂ D ₅	A ₂ D ₀	A ₂ D ₄	A ₂ D ₃	A ₂ D ₂
A ₂ D ₂	A ₂ D ₆	A ₂ D ₅	A ₂ D ₃	A ₂ D ₀	A ₂ D ₄
A ₂ D ₃		A ₂ D ₂		A ₂ D ₆	
IV		V		VI	
A ₁ D ₀	A ₁ D ₁	A ₁ D ₄	A ₁ D ₅	A ₁ D ₄	A ₁ D ₃
A ₁ D ₆	A ₁ D ₂	A ₁ D ₀	A ₁ D ₃	A ₁ D ₆	A ₁ D ₅
A ₁ D ₃	A ₁ D ₅	A ₁ D ₆	A ₁ D ₁	A ₁ D ₀	A ₁ D ₂
A ₁ D ₄		A ₁ D ₂		A ₁ D ₁	
A ₂ D ₆	A ₂ D ₀	A ₂ D ₅	A ₂ D ₁	A ₂ D ₃	A ₂ D ₄
A ₂ D ₂	A ₂ D ₄	A ₂ D ₃	A ₂ D ₆	A ₂ D ₀	A ₂ D ₅
A ₂ D ₁	A ₂ D ₃	A ₂ D ₂	A ₂ D ₄	A ₂ D ₂	A ₂ D ₁
A ₂ D ₅		A ₂ D ₀		A ₂ D ₆	

Gambar 8. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma *Cyperus kyllingia* terhadap Glifosat

- **Gulma *Eleusine indica***

I		II		III	
A ₁ D ₃	A ₁ D ₆	A ₁ D ₀	A ₁ D ₃	A ₁ D ₃	A ₁ D ₂
A ₁ D ₅	A ₁ D ₁	A ₁ D ₅	A ₁ D ₆	A ₁ D ₆	A ₁ D ₅
A ₁ D ₀	A ₁ D ₄	A ₁ D ₁	A ₁ D ₂	A ₁ D ₄	A ₁ D ₁
A ₁ D ₂		A ₁ D ₄		A ₁ D ₀	
A ₂ D ₄	A ₂ D ₀	A ₂ D ₁	A ₂ D ₆	A ₂ D ₂	A ₂ D ₁
A ₂ D ₂	A ₂ D ₅	A ₂ D ₄	A ₂ D ₅	A ₂ D ₀	A ₂ D ₄
A ₂ D ₃	A ₂ D ₆	A ₂ D ₂	A ₂ D ₃	A ₂ D ₅	A ₂ D ₃
A ₂ D ₁		A ₂ D ₀		A ₂ D ₆	
IV		V		VI	
A ₁ D ₆	A ₁ D ₁	A ₁ D ₄	A ₁ D ₁	A ₁ D ₁	A ₁ D ₄
A ₁ D ₀	A ₁ D ₅	A ₁ D ₅	A ₁ D ₃	A ₁ D ₃	A ₁ D ₅
A ₁ D ₂	A ₁ D ₃	A ₁ D ₀	A ₁ D ₂	A ₁ D ₆	A ₁ D ₁
A ₁ D ₄		A ₁ D ₆		A ₁ D ₀	
A ₂ D ₂	A ₂ D ₆	A ₂ D ₃	A ₂ D ₅	A ₂ D ₀	A ₂ D ₂
A ₂ D ₅	A ₂ D ₁	A ₂ D ₂	A ₂ D ₄	A ₂ D ₄	A ₂ D ₃
A ₂ D ₀	A ₂ D ₄	A ₂ D ₆	A ₂ D ₀	A ₂ D ₁	A ₂ D ₅
A ₂ D ₃		A ₂ D ₁		A ₂ D ₆	

Gambar 9. Tata Letak Percobaan Resistensi Gulma *Eleusine indica* terhadap Glifosat

3.4 Variabel Pengamatan

3.4.1 Keracunan Gulma (%)

Pengamatan persen keracunan gulma terhadap herbisida glifosat dimulai dari 3 hari setelah aplikasi (HSA) sampai 21 hari dan pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali. Pengamatan dihentikan apabila gulma menunjukkan gejala pemulihan dari keracunan herbisida atau saat gulma tidak mengalami peningkatan keracunan hingga 21 HSA.

Pengamatan persen keracunan gulma diamati secara visual dari gejala keracunan yaitu: warna, bentuk daun & batang tidak normal, hingga mengering dan matinya gulma. Penentuan persen keracunan dilakukan dengan cara membandingkan gulma yang diaplikasi herbisida glifosat dengan gulma yang tidak diaplikasi herbisida sebagai kontrol. Pengamatan mulai dilakukan 3 hari setelah aplikasi pada saat pagi hari.

3.4.2 Bobot Kering Gulma (g)

Untuk mendapatkan data bobot kering, gulma dipanen terlebih dahulu. Pemanenan gulma dilakukan pada 21 HSA dengan cara memotong bagian gulma yang masih hidup untuk setiap satuan percobaan. Gulma dipotong pada bagian pangkal batang sehingga akar tidak ikut dipotong, dan dibuang bagian gulma yang sudah mati, kemudian bagian gulma yang masih berwarna hijau dan tidak mati dimasukkan ke dalam kantong kertas yang telah disediakan dan telah diberi label perlakuan, lalu

kantong kertas dikelompokkan berdasarkan jenis gulma dan masing-masing perlakuannya dan masing-masing kantong kertas diberikan label keterangan. Tahap selanjutnya, gulma dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam hingga semua kandungan air yang ada dalam gulma menghilang dan gulma menjadi kering secara konstan atau menyeluruh, dan kemudian gulma tersebut ditimbang pada timbangan elektrik dan dicatat bobot keringnya.

3.4.3 Tingkat Kehijauan Daun

Tingkat kehijauan daun diukur pada 21 HSA sebelum dilakukan pemanenan gulma. Pengukuran tingkat kehijauan daun dilakukan dengan menggunakan klorofil meter Konica Minolta seri SPAD 502. Tujuan dilakukannya pengukuran tingkat kehijauan daun adalah untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan tingkat kehijauan daun pada gulma yang diduga resisten dengan gulma non resisten setelah diberi perlakuan dosis herbisida berbahan aktif glifosat.

3.5 Analisis Data

3.5.1 *Median Lethal Time* (LT₅₀) / Kecepatan Meracuni Gulma

Data kecepatan meracuni gulma (LT₅₀) didapatkan dari data persen keracunan gulma yang dianalisis dengan analisis probit dan dihitung nilai regresinya. Nilai LT₅₀ dapat dihitung dengan persamaan regresi $Y = a + bX$, di mana Y adalah nilai probit dari persen keracunan dan X adalah nilai log hari pengamatan persen

keracunan (Guntoro dan Fitri, 2013).

3.5.2 Persentase Kerusakan Gulma dan *Median Effective Dose* (ED₅₀)

Data bobot kering gulma yang diperoleh kemudian dikonversi menjadi persen kerusakan dengan cara membandingkan nilai bobot kering perlakuan herbisida dengan kontrol menggunakan persamaan berikut:

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

Keterangan :

P = nilai bobot kering gulma dengan perlakuan herbisida

K = nilai bobot kering gulma kontrol

Data persen kerusakan yang telah diperoleh kemudian dikonversi ke dalam nilai probit. Dari nilai probit (y) dan log dosis (x) akan diperoleh persamaan regresi linier sederhana. Kemudian dari persamaan ini didapat nilai ED₅₀ untuk masing-masing ulangan pada ketiga gulma sasaran. Nilai ED₅₀ dihitung dengan persamaan regresi sederhana $Y = a + bX$, dimana Y adalah nilai probit dari persen kerusakan dan nilai X adalah nilai regresi yang digunakan untuk menghitung ED₅₀. Nilai ED₅₀ didapatkan dari antilog nilai X (Guntoro dan Fitri, 2013).

3.5.3 Nisbah Resistensi

Nisbah Resistensi (NR) merupakan nilai dari perbandingan ED₅₀ gulma terpapar dengan gulma tidak terpapar. Berdasarkan nisbah resistensi didapatkan penggolongan tingkat resistensi gulma spesies uji. Menurut Ahmad-Hamdani *et al* (2012), gulma tergolong resisten tinggi apabila nilai NR >12, resistensi sedang apabila nilai NR >6-12, resistensi rendah apabila nilai NR 2-6, dan tergolong sensitif apabila nilai NR <2.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Nilai LT_{50} (*Median Lethal Time*) gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar glifosat lebih lama dibandingkan dengan nilai LT_{50} gulma yang tidak terpapar glifosat pada semua dosis. Hal ini menunjukkan bahwa gulma yang telah terpapar glifosat memerlukan waktu yang lebih lama untuk teracuni sebanyak 50%.
2. Nilai ED_{50} (*Median Effective Dose*) gulma *Asystasia gangetica*, *Axonopus compressus*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* yang terpapar glifosat berturut-turut 459,20 g/ha; 249,46 g/ha; 903,65 g/ha dan 457,09 g/ha. Di lain pihak, gulma yang tidak terpapar glifosat memiliki nilai ED_{50} yang sama yaitu 154,53 g/ha.
3. Nilai Nisbah Resistensi (NR) *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* masing-masing adalah; 2,97; 5,85 dan 2,96 dan tergolong resistensi rendah,

sedangkan nilai Nisbah Resistensi (NR) gulma *Axonopus compressus* adalah 1,61 yang menunjukkan belum adanya resistensi.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian ini yaitu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk :

1. Mengetahui mekanisme resistensi terhadap glifosat yang terjadi pada gulma *Asystasia gangetica*, *Cyperus kyllingia* dan *Eleusine indica* terpapar glifosat.
2. Mengkonfirmasi hasil penelitian ini pada areal perkebunan lain yang juga menggunakan glifosat dalam jangka waktu lama.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad-Hamdani M.S., M.J, Owen, Yu Qin., dan S.B, Powles. 2012. ACCase-Inhibiting Herbicide-Resistance Avena spp. Populations from the Western Australian Grain Belt. *Weed Technology*, 26: 130-136.
- Baumann, P.A. 2004. Weed Resistance to Herbicides. <http://publications.tamu.edu>. [24 Februari 2016]
- Baylis, A.D. 2000. Why Glyphosate is A Global Herbicide: Strengths, Weaknesses and Prospects. *Pest Management Science*, 56:299–308.
- Beckie, H. J., L. F. Friesen, K. M. Nawolsky, dan I. N. Morrison. 1990. A Rapid Bioassay to Detect Trifluralin-Resistant Green Foxtail (*Setaria viridis*). *Weed Technology*, 4:505–508.
- Beckie, H.J., I. M. Heap, R.J. Smeda dan L.M. Hall. 2000. Screening For Herbicide Resistance in Weeds. *Weed Technology*, 4:428–445.
- Beffa, R., F. Andrea, L. Lothar, H. Martin, L. Bernd, P.R.S. Juan dan S. Harry 2012. Weed Resistance Diagnostic Technologies to Detect Herbicide Resistance in Cerealgrowing Areas. *25th German Conference on Weed Biology and Weed Control*
- Bernards, M. L., R. J. Crespo, G.R. Kruger, R. Gaussoin, dan P.J. Tranel. 2012. A Waterhemp (*Amaranthus tuberculatus*) Population Resistant to 2,4-D. *Weed Science*, 60:379-384.
- Boutsalis P., J. Karotam dan S.B. Powles. 1999. Molecular Basis of Resistance to Acetolactate Synthase-Inhibiting Herbicides in *Sisymbrium orientale* and *Brassica tournefortii*. *Pesticide Science*, 55:507–516.
- Burgos, N.R., P.J. Tranel, J.C. Streibig, V.M Davis, D. Shaner, J.K. Norsworthy dan C. Ritz. 2013. Review: Confirmation Of Resistance to Herbicides and Evaluation of Resistance Levels. *Weed Science*, 61:4–20.

- Busi, R. dan S.B. Powles. 2009. Evolution of Glyphosate Resistance in a *Lolium rigidum* Population by Glyphosate Selection at Sublethal Doses. *Heredity* 103:318–325.
- CABI. 2017. *Asystasia gangetica*. <http://www.cabi.org>. [4 Oktober 2017]
- CABI. 2017. *Eleusine indica*. <http://www.cabi.org>. [4 Oktober 2017]
- Cerdeira, A.L. dan S.O. Duke. 2006. The Current Status and Environmental Impacts of Glyphosate-Resistant Crops: A Review. *Journal of Environmental Quality* 35:1633–1658.
- Chuah, T.S., Noor-Zalila, M.R., Cha, T.S. dan Ismail, B.S. 2005. Paraquat and Glyphosate Resistance in Woody Borreria (*Hedyotis Verticillata*) Growing at Oil Palm Plantations in Terengganu, Malaysia. *Malays. Appl. Biol.*, 34(2): 43– 49.
- Duke, S.O. dan S.B. Powles. 2008. Glyphosate: A Once in A Century Herbicide. *Pest Management Science*, 64:319–325.
- Dalimunthe, S.P., E. Purba dan Meiriani. 2015. Respons Dosis Biotip Rumput Belulang (*Eleusine indica* l. Gaertn) Resisten-Glifosat terhadap Glifosat, Parakuat dan Indaziflam. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 3 (2):625- 633.
- Ferguson, G.M., A.S. Hamill dan F.J. Tardif. 2001. ALS Inhibitor Resistance in Populations of Powell Amaranth And Redroot Pigweed. *Weed Science*, 49:448–453.
- Franz J.E., Mao M.K. dan Sikorski J.A. (1997) Glyphosate: A Unique Global Herbicide. American Chemical Society, Washington, pp 177–180
- Foresman, C. dan L. Glasglow. 2008. US Grower Perceptions and Experiences With Glyphosate-Resistant Weeds. *Pest Management Science*, 64:388–391.
- Gaines, T.A., D.L. Shaner, S.M. Ward, J.E. Leach, C.Preston dan P.Westra. 2011. Mechanism of Resistance of Evolved Glyphosate-Resistant Palmer Amaranth (*Amaranthus palmeri*). *Journal Agricultural Food Chemical*, 5: 5886–5889.
- Gadamski, G., D. Ciarka, J. Gressel, dan S. W. Gawronski. 2000. Negative Cross Resistance in Triazine-Resistant Biotypes of *Echinochloa crus-galli* and *Conyza canadensis*. *Weed Science*, 48:176–180.
- Guntoro, D. dan T.Y. Fitri. 2013. Aktivitas Herbisida Campuran Bahan Aktif Cyhalofop-Butyl dan Penoxsulam terhadap Beberapa Jenis Gulma Padi Sawah. *Buletin Agrohorti*, 1 (1): 140 – 148.

- Hall, L.M., K.M. Stromme, G.P. Horsman dan M.D. Devine. 1998. Resistance to Acetolactate Synthase Inhibitors and Quinclorac in A Biotype of False Cleavers (*Galium spurium*). *Weed Science*, 46:390–396.
- Heap, I.M. 1997. The Occurrence of Herbicide-Resistant Weeds Worldwide. *Pesticide Science*, 51: 235-243.
- Heap, I.M. 2005. The international survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.com>. [20 Februari 2016]
- Heap, I.M. 2014. Global Perspective of Herbicide-Resistant Weeds. *Pest Management Science*, 70: 1306-1315.
- Hinz, J.R.R. dan M.D.K. Owen. 1997. Acetolactate Synthase Resistance in A Common Waterhemp (*Amaranthus rudis*) Population. *Weed Technology*, 11:13–18.
- Ismail, B.S., T.S. Chuah, S. Salmijah, Y.T. Teng dan R.W. Schumacher. 2002. Germination And Seedling Emergence of Glyphosate-Resistant and Susceptible Biotypes of Goosegrass (*Eleusine indica*[L.] Gaertn.). *Weed Biology and Management*, 2: 177–185.
- Koger, C.H. dan K. N. Reddy. 2005. Role Of Absorption and Translocation in The Mechanism of Glyphosate Resistance in Horseweed (*Conyza canadensis*). *Weed Science*, 53(1):84-89.
- Kwon, C.S. dan D. Penner. 1995. Response Of A Chlorsulfuron-Resistant Biotype of *Kochia scoparia* to ALS Inhibiting Herbicides and Piperonyl Butoxide. *Weed Science*, 43:561–565.
- Lee, L. J., dan Ngim, J. 2000. A First Report Of Glyphosate-Resistant Goosegrass (*Eleusine indica* (L) Gaertn) in Malaysia. *Pest Management Science*, 56: 336-339.
- Letouze, A. dan J. Gasquez. 2000. A Pollen Test to Detect Accase Target-Site Resistance Within Alopecurus Myosuroides Populations. *Weed Research*, 40: 151-162.
- Michitte, P., R.D. Prado, N. Espinoza, J.P. Ruiz-Santaella dan C. Gauvrit. 2007. Mechanisms of Resistance to Glyphosate in a Ryegrass (*Lolium multiflorum*) Biotype from Chile. *Weed Science*, 55:435–440.
- Monaco, T.J., C.W. Stephen dan M.A. Floyd. 2002. *Weed Science (Principles and Practice)* 4th Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York (Wiley.com)

- Nandula, V. K., N. R. Krishna, O. D. Stephen dan H. P. Daniel. 2005. Glyphosate Resistant Weeds: Current Status and Future Outlook. *Outlooks on Pest Management (Pesticide Outlook)*, 183-187.
- Owen, M.J. dan S.B. Powles. 2010. Glyphosate-Resistant Rigid Ryegrass (*Lolium rigidum*) Populations in the Western Australian Grain Belt. *Weed Technology*, 24:44-49.
- Perez, A., dan M. Kogan. 2003. Glyphosate-resistant *Lolium multiflorum* in Chilean orchards. *Weed Resistance*, 43:12-19.
- Perez-Jones, A., K.W. Park, J. Colquhoun J, C. Mallory-Smith dan D. Shaner. 2005 Identification Of Glyphosate Resistant Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*) in Oregon. *Weed Science*, 53:775-779.
- Prather, T.S., J.M. Ditomaso dan J.S. Holt. 2000. Herbicide Resistance: Definition and Management Strategies. Division of Agriculture and Natural Resources (University Of California). <http://anrcatalog.ucdavis.edu>. [22Februari2016]
- Preston, C. dan S.B. Powles. 2002. Evolution of Herbicide Resistance in Weeds: Initial Frequency of Target Site-Based Resistance to Acetolactate Synthase Inhibiting Herbicides in *Lolium rigidum*. *Heredity*, 88: 8-13.
- Powles, S.B. dan C. Preston. 2006. Evolved Glyphosate Resistance in Plants: Biochemical and Genetic Basis of Resistance. *Weed Technology*, 20:282-289.
- Powles, S.B. 2008. Evolved Glyphosate-Resistant Weeds Around The World: Lessons to Be Learnt. *Pest Management Science*, 64:360-365.
- Purba, E. 2009. Keanekaragaman Herbisida Dalam Pengendalian Gulma Mengatasi Populasi Gulma Resisten dan Toleran Herbisida. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap Universitas Sumatera Utara, Medan
- Rahman, M.M., I.B. Sahid dan A.S. Juraimi. 2010. Study on Resistant Biotypes of *Echinochloa crus-galli* in Malaysia. *AJCS*, 4(2):107-115.
- Reade, J. P. H dan L. J. Milner. 2004. A Role for Glutathione S-Transferases in Resistance to Herbicides in Grasses. <http://www.weedscience.com>. [18 Desember 2015]
- Shaner, D.L. 2006. An Overview Of Glyphosate Mode Of Action: Why Is It Such A Great Herbicide?. *North Central Weed Science Society Proceedings*, 61:94

- Shaner, D.L. 2009. Role of Translocation as a Mechanism of Resistance to Glyphosate. *Weed Science*, 57:118–123.
- Shaner, D.L., Richard, B.L. dan Michael, H.O. 2011. What Have The Mechanisms Of Resistance To Glyphosate Taught Us?. www.soci.org. [18 April 2016]
- Soedarsan, A. dan Soehendar. 1977. Evaluasi Beberapa Jenis Herbisida terhadap Gulma Di Larikan Tanaman Karet. *Menara perkebunan*, 45(5):245-254.
- Tropicalforage. 2017. *Axonopus compressus*. <http://www.tropicalforages.info>. [4 Oktober 2017]
- Uluputty, R.M. 2014. Gulma Utama pada Tanaman Terung di Desa Wanakarta Kecamatan Waeapo Kabupaten Buru. *Jurnal Agrologia*, 3(1) : 37-43.
- VanGessel, M. J. 2001. Glyphosate-Resistant Horseweed from Delaware. *Weed Science*, 49:703–705.
- Warwick, S.I. 1991. Herbicide Resistance In Weedy Plants: Physiology and Population Biology. *Annual Review of Ecology and Systematic*, 22:95-114.
- Yu, Q., A. Cairns dan S. Powles. 2007. Glyphosate, Paraquat and ACCase Multiple Herbicide Resistance Evolved in a *Lolium rigidum* biotype. *Planta*, 225 :499-513.
- Yulivi, T.A., E. Purba, dan N. Rahmawati. 2014. *Dose Response* Satu Biotip *Eleusine Indica* Resisten-Glifosat terhadap Glifosat, Glifosat, dan Ammonium Glufosinat. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4) : 1339-1346.