

Aprilia, N.A. · D. Kurniadie · U. Umiyati

Resistensi gulma *Echinochloa crus-galli* terhadap herbisida berbahan aktif Metamifop di areal persawahan Sulawesi Selatan

Sari Barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] diakui sebagai gulma paling bermasalah di areal persawahan Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Herbisida metamifop sudah lama digunakan untuk mengendalikan gulma tersebut pada areal pertanaman padi sawah di Sulawesi Selatan dengan intensitas aplikasi yang cukup tinggi. Hal tersebut menimbulkan *E. crus-galli* yang sulit dikendalikan dan diperkirakan resisten terhadap herbisida metamifop. Namun demikian, kasus resistensi gulma terhadap herbisida metamifop di Indonesia belum banyak dilaporkan dan diteliti. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) adanya resistensi gulma *E. crus-galli* terhadap metamifop, (2) tingkat resistensi yang terjadi pada gulma *E. crus-galli* terhadap metamifop. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dari bulan November 2021 hingga Januari 2022. Uji tingkat resistensi dilakukan dengan metode *Whole Plant Pot Test* menggunakan Rancangan Petak Terbagi (Split Plot Design) dengan 3 ulangan. Petak utama adalah dosis herbisida metamifop: 0, 31,25, 62,5, 125, 250, 500 dan 1000 g b.a/ha. Anak petak adalah tempat asal gulma, yaitu gulma terpapar (Sidrap, Maros, Pinrang) dan tidak terpapar herbisida. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa gulma *E. crus-galli* asal Pinrang tergolong ke dalam resistensi rendah, sedangkan *E. crus-galli* asal Sidrap dan Maros masih tergolong sensitif terhadap aplikasi metamifop.

Kata kunci: *Echinochloa crus-galli* · Metamifop · Resistensi gulma

Resistance of *Echinochloa crus-galli* weed to herbicide containing Metamifop active ingredient in lowland paddy fields of South Sulawesi

Abstract. Barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv.] is acknowledged to be the most troublesome weed in paddy fields of South Sulawesi Province, Indonesia. The herbicide containing metamifop active ingredient has long been used to control this weed in lowland paddy fields in South Sulawesi with a reasonably high application intensity. It is caused difficulties in controlling *E. crus-galli* due to resistance issue to the herbicide. However, weed resistance to metamifop herbicide cases in Indonesia have not been widely reported and studied. The study aimed to (1) confirm the presence of herbicide-resistant of *E. crus-galli* toward metamifop, (2) classify the resistance level of *E. crus-galli* toward metamifop. The research was conducted at the greenhouse of Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Sumedang District, Wesr Java from November 2021 until January 2022. Resistance level test of *E. crus-galli* was performed using the Whole Plant Pot Test method. The treatments were organized in a Split Plot Design with 3 replications. The main plot was the dose of metamifop: 0, 31.25, 62.5, 125, 250, 500 dan 1000 g b.a/ha. The subplot was the origin of weed: exposed weed (Sidrap, Maros, Pinrang) and unexposed weed to herbicides. The result showed that only one *E. crus-galli* from Pinrang showed a low level of resistance while *E. crus-galli* from Sidrap and maros still sensitive to metamifop.

Keywords: *Echinochloa crus-galli* · Metamifop · Weed resistance

Diterima : 5 April 2022, Disetujui : 19 Desember 2022, Dipublikasikan : 21 Desember 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.38960>

Aprilia, N.A.¹ · D. Kurniadie² · U. Umiyati²

¹ Program Studi Magister Agronomi Konsentrasi Ilmu Gulma, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363

² Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Sumedang 45363
Korespondensi: annisa16017@mail.unpad.ac.id

Pendahuluan

Gangguan gulma berdampak negatif bagi pertumbuhan tanaman karena dapat menjadi kompetitor dalam memanfaatkan unsur hara, air, cahaya, CO₂ dan ruang tumbuh sehingga manusia berupaya untuk mengendalikannya (Kilkoda *et al.*, 2015). Gangguan gulma mengakibatkan penurunan hasil pertanian padi mencapai 10 sampai 15%, sedangkan kehilangan hasil panen tanpa pengendalian gulma bisa mencapai 86% (Zarwazi *et al.*, 2016). Oleh karena itu, gulma masih menjadi masalah utama sehingga para petani berusaha untuk mengendalikannya.

Gulma berdaun sempit merupakan golongan gulma yang sulit dikendalikan pada pertanian padi. Hal ini disebabkan kemampuan beradaptasi ekologisnya yang kuat. Misalnya, bijinya dapat berkecambah di bawah lingkungan anaerobik, berkecambah dan matang dengan cepat, dan diproduksi dalam jumlah besar (Zhang *et al.*, 2017). Gulma berdaun sempit juga sulit dikendalikan karena selektivitasnya yang sangat sempit dan sama-sama masuk kedalam familia Poaceae bersama padi (Takano *et al.*, 2020). Gulma berdaun sempit yang biasa ditemui pada pertanian padi di Sulawesi Selatan adalah *Echinochloa crus-galli* dan *Leptochloa chinensis*.

Berbagai teknik dapat digunakan oleh para petani untuk mengendalikan gulma, namun saat ini teknik yang biasa digunakan oleh para petani adalah secara kimiawi dengan pengaplikasian herbisida. Pengaplikasian herbisida berisiko menimbulkan masalah resistensi pada gulma apabila diaplikasikan herbisida dengan *mode of action* yang sama dengan frekuensi tinggi. Resistensi gulma merupakan kemampuan gulma bertahan hidup serta bereproduksi meskipun sudah diaplikasikan herbisida dengan dosis rekomendasi (Shaner, 2014). Kasus gulma yang mengalami resistensi terhadap herbisida telah diketahui terjadi di 71 negara di dunia, yang mengganggu 94 jenis komoditas tanaman yang berbeda dan salah satunya adalah pada pertanian padi (Heap and Duke, 2021).

Terdapat berbagai jenis bahan aktif herbisida yang biasa diaplikasikan untuk mengendalikan gulma pada pertanian padi, salah satunya adalah herbisida dengan bahan aktif (b.a) metamifop. Metamifop adalah herbisida pasca-tumbuh yang diklasifikasikan

sebagai penghambat sintesis asetil-koenzim A karboksilase (ACCase) (Vrbničanin *et al.*, 2017). Metamifop menunjukkan efektivitas pengendalian yang tinggi terhadap gulma berdaun sempit, terutama *Echinochloa crus-galli* di sawah (Xia *et al.*, 2016). Berdasarkan laporan Heap and Duke (2021) sudah ada kasus resistensi gulma terhadap herbisida berbahan aktif metamifop dimana terdapat 3 kasus resistensi yang semua lokasi ditemukannya di Korea Selatan.

. Belum adanya laporan resistensi gulma terhadap kedua jenis gulma tersebut di Indonesia (Heap and Duke, 2021). Berdasarkan informasi yang didapat dari hasil wawancara beberapa petani di daerah Sidrap, Maros, Pinrang Provinsi Sulawesi Selatan bahwa terdapat indikasi spesies gulma *E crus-galli* yang diduga resisten setelah diaplikasikan herbisida berbahan aktif metamifop. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui tingkat resistensi gulma *E crus-galli* secara ilmiah.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat dengan ketinggian tempat ± 752 m di atas permukaan laut (m dpl).. Percobaan dilaksanakan dari bulan November 2021 hingga Januari 2022.

Bahan yang digunakan pada percobaan ini adalah biji dari gulma *Echinochloa crus-galli*, yang diduga resisten yang berasal dari 3 kabupaten di Sulawesi Selatan, yaitu Sidrap, Maros, dan Pinrang, serta biji dari gulma *Echinochloa crus-galli* yang tidak pernah terpapar herbisida metamifop (gulma sensitif) sebagai kontrol yang berasal dari Karawang, media tanah sawah, dan herbisida dengan bahan aktif metamifop.

Alat yang digunakan pada percobaan ini adalah *pressure sprayer* YOTO 5 liter, Anvil *flood jet* (polijet) *green nozzle* 1,2 Liter/menit, gelas ukur, pot diameter 15 cm, timbangan analitik, oven, dan alat kelengkapan lainnya.

Metode yang digunakan dalam percobaan ini adalah rancangan petak terbagi (Split Plot) yang terdiri dari 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah dosis herbisida (D) sebagai petak utama yang terdiri dari 7 perlakuan yang terdiri dari dosis 0 g b.a/ha, 31,25

g b.a/ha, 62,5 g b.a/ha, 125 g b.a/ha, 250 g b.a/ha, 500 g b.a/ha dan 1000 g b.a/ha. Faktor kedua adalah asal lokasi gulma (G) sebagai anak petak yang terdiri dari 4 taraf, yaitu gulma asal Sidrap, Maros, Pinrang, dan gulma sensitif asal Karawang. Uji tingkat resistensi dilakukan dengan metode *Whole Plant Pot Test* (Burgos, 2015). Benih gulma sebanyak 15 biji dari masing-masing lokasi dikecambahkan dalam polybag berdiameter 15 cm yang berisi media tanah sawah.

Aplikasi herbisida dilakukan setelah gulma berkecambah hingga muncul 2,5 daun. Aplikasi herbisida dilakukan menggunakan knapsack sprayer menggunakan *flat fan nozzle* dengan volume semprot 400 L/ha. Gulma disemprot merata sesuai dosis perlakuan, dan disusun secara acak di rumah kaca. Suhu pada saat penyemprotan adalah 30,5 °C dengan kelembaban 49%.

Pengamatan gejala keracunan pada gulma diamati dengan cara melihat perubahan yang terjadi pada gulma setelah di aplikasikan herbisida secara visual. Pengamatan bobot kering gulma dilakukan dengan cara destruksi gulma untuk setiap satuan percobaan dan dilakukan pada akhir pengamatan, yaitu pada 30 hari setelah aplikasi. Bobot kering gulma didapatkan dengan cara gulma dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 48 jam hingga bobot keringnya konstan, kemudian ditimbang. Data bobot kering gulma dari masing-masing *Echinochloa crus-galli* berdasarkan lokasi pengambilan sampel dikonversi menjadi persen penurunan pertumbuhan dengan cara membandingkan nilai bobot kering *Echinochloa crus-galli* yang diaplikasikan herbisida dengan bobot kering *Echinochloa crus-galli* tanpa aplikasi herbisida menggunakan persamaan sebagai berikut (Widayat *et al.*, 2019):

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

Keterangan :

P = nilai bobot kering gulma dengan aplikasi herbisida

K = nilai bobot kering gulma tanpa aplikasi herbisida

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan dengan uji ANOVA dengan menggunakan perangkat lunak SPSS. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan uji lanjut terhadap perbedaan nilai

rata-rata antar perlakuan dengan menggunakan uji Lanjut Berganda Duncan pada taraf α 5%. Tingkat resistensi dihitung menggunakan data penurunan pertumbuhan untuk mengetahui nilai GR₅₀. *Growth reduction* (GR₅₀) adalah dosis herbisida yang dibutuhkan untuk menyebabkan penurunan pertumbuhan gulma dengan probabilitas 50%. Nilai GR₅₀ dapat diketahui dengan menggunakan analisis regresi non-linier model *log-logistic* (Seefeldt *et al.*, 1995). Rumus kurva regresi non linier model *log-logistic*:

$$y = C + \frac{D - C}{1 + (x/I_{50})^b}$$

Keterangan :

C = batas bawah dari limit data, D = batas atas dari limit data, b = *slope*, I₅₀ = Dosis yang memberikan respon 50%.

Analisis regresi non linier model *log-logistic* dilakukan menggunakan software Origin Pro versi 2016. Setelah mengetahui nilai GR₅₀, tingkat resistensi dapat ditentukan melalui perhitungan nisbah resistensi. Nisbah resistensi didapatkan dari perbandingan Nilai GR₅₀ dari gulma terpapar (R) dengan GR₅₀ gulma yang tidak terpapar herbisida (S). Menurut penelitian Hamdan *et al.* (2012) ada empat klasifikasi resistensi, yaitu: tingkat resistensi tinggi (R/S > 12), tingkat resistensi sedang (R/S = 6 - 12), tingkat resistensi rendah (R/S = 2 - 6) dan tingkat resistensi sensitif (R/S < 2).

Hasil dan Pembahasan

Bobot Kering Gulma. Berdasarkan analisis statistik, hasil percobaan menunjukkan bahwa terdapat interaksi yang berbeda nyata antara lokasi asal gulma dengan taraf dosis herbisida terhadap rata-rata bobot kering gulma *Echinochloa crus-galli* yang terpapar herbisida dengan yang tidak terpapar herbisida. Meskipun gulma *Echinochloa crus-galli* asal Sidrap tidak berbeda nyata dengan gulma sensitif, gulma asal Maros dan Pinrang memiliki rata-rata bobot kering yang lebih tinggi dibandingkan gulma asal Sidrap dan gulma sensitif. Data menunjukkan rata-rata bobot kering populasi sensitif dan Sidrap (0,00 g) lebih kecil dari Maros (0,52 g) dan Pinrang (0,54 g) saat diaplikasi dengan dosis anjuran metamifop (125 g b.a/ha). Terlebih, *E. crus-galli* asal Pinrang pada 8x dosis anjuran (1000 g b.a/ha) memiliki rata-rata bobot kering paling tinggi (0,18 g) dan berbeda nyata dengan lokasi lainnya (Tabel 1).

Tabel 1. Rata-Rata Bobot Kering dari Populasi *E. cruss-galli* yang Sensitif dan Tiga Lokasi Diduga Resisten terhadap Herbisida Metamifop

Dosis (g b.a/ha)	Asal Lokasi Gulma			
	Sensitif (g)	Sidrap (g)	Maros (g)	Pinrang (g)
0	1,51 ^a A	1,50 ^a A	1,51 ^a A	1,52 ^a A
31,25	0,52 ^b C	0,57 ^b C	0,81 ^b B	1,43 ^a A
62,5	0,20 ^c B	0,21 ^c B	0,63 ^c A	0,74 ^b A
125	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,52 ^d A	0,54 ^c A
250	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,49 ^c A
500	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,28 ^d A
1000	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,00 ^d B	0,18 ^e A

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf kecil (arah vertikal) dan huruf besar (arah horizontal) yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan.

Tabel 2. Rata-Rata Persentase Kerusakan dari Populasi *E. cruss-galli* yang Sensitif dan Tiga Lokasi Diduga Resisten terhadap Herbisida Metamifop

Dosis (g b.a/ha)	Asal Lokasi Gulma			
	Sensitif f (g)	Sidra p (%)	Sensitif f (g)	Pinrang (%)
0	0 ^d A	0 ^d A	0 ^d A	0 ^e A
31,25	65,27 ^c A	61,66 ^c A	46,17 ^c B	5,74 ^d C
62,5	86,73 ^b A	85,97 ^b A	58,52 ^b A	51,23 ^c B
125	100 ^a A	100 ^a A	65,34 ^b B	64,50 ^b B
250	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	67,82 ^b B
500	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	81,53 ^a B
1000	100 ^a A	100 ^a A	100 ^a A	87,91 ^a B

Keterangan: Nilai rata-rata yang ditandai dengan huruf kecil (arah vertikal) dan huruf besar (arah horizontal) yang sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5% menurut Uji Duncan.

Penurunan bobot kering gulma yang terjadi berkaitan dengan kemampuan metamifop dalam menghambat pembentukan enzim ACC-ase yang menyebabkan keracunan

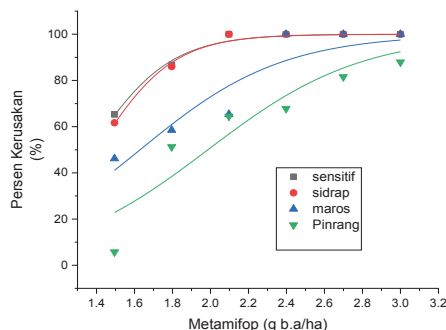
dan kematian gulma (Kukorelli *et al.*, 2013). Pada beberapa kasus gulma resisten, terhambatnya pembentukan Acetyl CoA carboxylase (ACC-ase) yang penting untuk biosintesis asam lemak. Penghambatan produksi asam lemak selanjutnya menghambat pembelahan sel (Xia *et al.*, 2016).

Persentase Kerusakan Gulma. Hasil penelitian menunjukkan bahwa taraf dosis dan asal populasi gulma berpengaruh nyata terhadap persentase kerusakan *Echinochloa cruss-galli*. Berdasarkan data pada Tabel 2, dosis anjuran metamifop (125 g b.a/ha) yang digunakan dapat mengontrol populasi *Echinochloa cruss-galli* yang sensitif. Faktanya, tingkat persentase kerusakan mencapai 100%. Berbeda halnya dengan populasi *Echinochloa cruss-galli* asal Pinrang, dimana efek dosis herbisida terbatas dengan tingkat rata-rata persentase kerusakan 64,50% pada 1x dosis anjuran metil metsulfuron (125 g b.a/ha) bahkan hanya 87,91% pada 8x dosis anjuran metil metsulfuron (1000 g b.a/ha) dan berbeda nyata dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Tingkat resistensi gulma akan terus meningkat seiring dengan praktek monokultur dan penggunaan herbisida dengan cara kerja yang sama (Gerhards *et al.*, 2016). Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan adanya perbedaan frekuensi pemberian herbisida dalam satu musim tanam dan lama penggunaan lahan di setiap lokasi asal gulma. Hal ini yang menyebabkan perbedaan respon gulma terhadap aksi herbisida yang digunakan. Dibandingkan dengan *E. cruss-galli* dari tempat lain, *E. cruss-galli* asal Pinrang memiliki persentase kerusakan paling rendah (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan resistensi akibat intensitas aplikasi herbisida yang lebih tinggi. Menurut hasil wawancara, lahan sawah pada lokasi tersebut menggunakan herbisida sebanyak dua kali setiap musim tanam (padi-padi) dengan penggunaan lahan sudah mencapai lebih dari 10 tahun, sehingga frekuensi aplikasi herbisida pada lokasi tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi lainnya.

Nilai GR₅₀. Nilai GR₅₀ untuk setiap perlakuan asal populasi dan taraf herbisida dihitung sesuai dengan dosis kurva respon (Gambar 1). Nilai GR₅₀ untuk tingkat kelangsungan hidup dari biotipe sensitif adalah 23,26 g b.a/ha. Adapun, satu dari tiga populasi *Echinochloa cruss-galli* yang diduga resisten, yaitu

asal Pinrang menunjukkan resistensi terhadap herbisida metamifop dengan nilai GR_{50} adalah 96,90 g b.a/ha.



Gambar 1. Kurva Respon Biotipe *E. crus-galli* Sensitif dan Resisten terhadap Metamifop Menggunakan Model Log Logistik. Garis menunjukkan kurva respons yang diprediksi dari regresi non-linier; simbol mewakili rata-rata persentase kerusakan, didukung kontrol

Nisbah Resistensi. Nilai perbandingan antara GR_{50} *Echinochloa crus-galli* yang terpapar herbisida dengan GR_{50} *Echinochloa crus-galli* yang tidak terpapar herbisida (sensitif) dijadikan sebagai landasan untuk mendapatkan nisbah resistensi, di mana nilai nisbah resistensi menjadi acuan dalam menentukan tingkat resistensi dari gulma yang terpapar herbisida (Ahmad-Hamdani *et al.*, 2012). Tingkat resistensi aksesori *Echinochloa crus-galli* terhadap herbisida metamifop dapat dilihat pada Tabel 3.

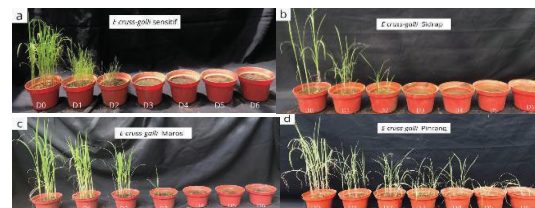
Tabel 3. Nilai GR_{50} dan Tingkat Resistensi untuk Estimasi Efek Metamifop pada Populasi *E. Crus-galli* yang Berbeda

Asal Gulma	GR_{50} (g b.a/ha)	r^2	R/S	Tingkat resistensi (Ahmad-Hamdani <i>et al.</i> , 2012)
Sensitif	23,26	0,99	1,00	-
Sidrap	25,32	0,99	1,09	Sensitif
Maros	42,62	0,88	1,68	Sensitif
Pinrang	96,90	0,87	4,17	Rendah

Keterangan: GR_{50} diuji menggunakan analisis regresi non-linier model log-logistic (Seefeldt *et al.*, 1995).

Biotipe asal Sidrap dan Maros diketahui sensitif terhadap metamifop dengan R/S 1,09 dan 1,68. Sementara, *Echinochloa crus-galli* asal Pinrang menunjukkan resistensi rendah terhadap metil metsulfuron (R/S 4,17) artinya 4 kali lebih resisten dibandingkan *Echinochloa*

cruss-galli sensitif. Resistensi rendah tersebut terjadi karena ternyata dari peningkatan dosis masih dapat menyebabkan penurunan rata-rata bobot kering *Echinochloa crus-galli* asal Pinrang. Populasi *Echinochloa crus-galli* asal Sulawesi Selatan sejauh ini 33,33% memiliki resistensi rendah ($R/S=2-6$), dan 66,67% sensitif ($R/S < 2$) terhadap herbisida metamifop.



Gambar 2. Pengaruh Taraf Dosis Herbisida Metamifop terhadap *E. crus-galli* yang Berasal dari Berbagai Lokasi (a) Sensitif (b) Sidrap (c) Maros (d) Pinrang

Perbedaan tingkat resistensi terhadap metamifop dari masing-masing lokasi terlihat secara visual pada Gambar 2. Peneliti lain telah mengidentifikasi populasi *Echinochloa crus-galli* yang tahan terhadap metamifop. Populasi gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Taeahn, Korea Selatan, terkonfirmasi resisten terhadap herbisida berbahan aktif metamifop, selain itu kasus resistensi yang terjadi merupakan resisten ganda antara herbisida golongan A/1 (ACC-ase inhibitor) dan B/2 (ALS inhibitor) (Won *et al.*, 2014).

Mekanisme resistensi herbisida secara kasar dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu mekanisme resistensi situs target (TSR) dan mekanisme resistensi situs non-target (NTSR). Mekanisme NTSR mencakup pengurangan serapan dan translokasi herbisida, serta meningkatkan kemampuan atau metabolisme herbisida untuk terurai menjadi senyawa toksik rendah. Di sisi lain, mekanisme TSR mengubah urutan asam amino dan/atau tingkat ekspresi dari enzim target, mengurangi kemampuan herbisida untuk menghambat enzim atau membutuhkan konsentrasi herbisida yang lebih tinggi untuk mencapai penghambatan yang cukup (Gaines *et al.*, 2020). Seperti pada kasus gulma *Leptochloa chinensis* karena adanya mutasi Trp-2027-Cys (Yuan *et al.*, 2021). Studi sebelumnya melaporkan bahwa mutasi Trp-2027-Cys mungkin mempengaruhi sifat lipofilik dari target pengikatan ACCase, sehingga

memberikan resistensi terhadap herbisida penghambat ACCase (Délye *et al.*, 2005).

Kasus gulma resisten ACC-ase disebabkan oleh substitusi asam amino tunggal (TSR) telah banyak dilaporkan di sebagian besar kasus gulma resisten ACC-ase. Hingga saat ini, deteksi mutasi TSR semakin disoroti pentingnya dibandingkan dengan NTSR, meskipun mekanisme TSR dan NTSR dapat terjadi berdampingan pada populasi yang sama (Bai *et al.*, 2019).

Kesimpulan

Gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Pinrang tergolong resisten terhadap metamifop, sedangkan gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Sidrap dan Maros tergolong sensitif. Populasi gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Pinrang tergolong resisten rendah terhadap herbisida metamifop dengan nilai nisbah resistensi 4,17. Sementara, populasi gulma *Echinochloa crus-galli* yang berasal dari Sidrap dan Maros masing-masing tergolong gulma sensitif dengan nisbah resistensi 1,09 dan 1,68. Sebagai pencegahan resistensi dapat menggunakan herbisida dengan bahan aktif lain ataupun mengaplikasikan herbisida campuran untuk menghentikan penyebaran gulma yang lebih luas dan munculnya gulma dengan resistensi yang lebih tinggi.

Daftar Pustaka

- 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(1): 130–136. <https://doi.org/10.1614/WT-D-11-00089.1>
- Bai, S., F. Zhang, Z. Li, H. Wang, Q. Wang, J. Wang, W. Liu, and L. Bai. 2019. Target-site and non-target-site-based resistance to tribenuron-methyl in multiply-resistant *Myosoton aquaticum* L. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 155: 8–14. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.12.004>
- Burgos, N.R. 2015. Whole-plant and seed bioassays for resistance confirmation. *Weed Science*, 63(1): 152–165. DOI: <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00019.1>
- Délye, C., X.Q. Zhang, S. Michel, A. Matějček, and S.B. Powles. 2005. Molecular bases for sensitivity to acetyl-coenzyme A carboxylase inhibitors in black-grass. *Plant Physiology*, 137(3): 794–806. <https://doi.org/10.1104/pp.104.046144>
- Gaines, T.A., S.O. Duke, S. Morran, C.A.G. Rigon, P.J. Tranel, A. Küpper, and F.E. Dayan. 2020. Mechanisms of evolved herbicide resistance. *Journal of Biological Chemistry*, 295(30): 10307–10330. <https://doi.org/10.1074/jbc.REV120.013572>
- Gerhards, R., J. Dentler, C. Gutjahr, S. Auburger, and E. Bahrs. 2016. An approach to investigate the costs of herbicide-resistant *Alopecurus myosuroides*. *Weed Research*, 56(6): 407–414. <https://doi.org/10.1111/wre.12228>
- Heap, I. and S.O. Duke. 2018. Overview of glyphosate-resistant weeds worldwide. *Pest Management Science*, 74(5): 1040–1049. <https://doi.org/10.1002/ps.4760>
- Kilkoda, A.K., T. Nurmala, dan D. Widayat. 2015. Pengaruh keberadaan gulma (*Ageratum conyzoides* dan *Boreria alata*) terhadap pertumbuhan dan hasil tiga ukuran varietas kedelai (*Glycine max* L. Merr) pada percobaan pot bertingkat. *Kultivasi*, 14(2): 1–9. <https://doi.org/10.24198/kltv.v14i2.12072>
- Kukorelli, G., P. Reisinger, and G. Pinke. 2013. ACCase inhibitor herbicides - selectivity, weed resistance and fitness cost: A review. *Int. J. Pest Manag.*, 59: 165–173. Available at: <http://dx.doi.org/10.1080/09670874.2013.821212>
- Seefeldt, S.S., J.E. Jensen, and E.P. Feurst. 1995. Log-logistic analysis of herbicide dose-response relationships. *Weed Technology*, 9(2): 218–227. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023253>
- Shaner, D.L. 2014. Lessons learned from the history of herbicide resistance. *Weed Science*, 62(2): 427–431. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00109.1>
- Takano, H.K., R.F.L. Ovejero, G.G. Belchior, G.P.L. Maymone, and F.E. Dayan. 2020. ACCase-inhibiting herbicides: Mechanism of action, resistance evolution and stewardship. *Scientia Agricola*, 78(1). <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2019-0102>
- Vrbničanin, S., D. Pavlović, and D. Božić. 2017. Weed resistance to herbicides. *Herbicide Resistance in Weeds and Crops*, October. <https://doi.org/10.5772/67979>

- Widayat, D., Y. Sumekar, dan B. M. Yanti. 2018. Efek campuran herbisida Triafamone 100 g/l dengan Tefuryltrione 200 g/l terhadap pertumbuhan gulma utama tanaman padi sawah (*Oryza sativa* L.). Prosiding Seminar Nasional XX. Himpunan Ilmu Gulma Indonesia pp. 84-93.
- Won, O.J., J.J. Lee, M.Y. Eom, S.J. Suh, S.H. Park, K.S. Hwang, J.Y. Pyon, and K.W. Park. 2014. Identification of Herbicide-Resistant Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli*) Biotypes in Korea. *Weed and Turfgrass Science*, 3(2): 110-113. <https://doi.org/10.5660/wts.2014.3.2.110>
- Xia, X., W. Tang, S. He, J. Kang, H. Ma, and J. Li. 2016. Mechanism of metamifop inhibition of the carboxyltransferase domain of acetyl-coenzyme A carboxylase in *Echinochloa crus-galli*. *Scientific Reports*, 6(September): 1-10. <https://doi.org/10.1038/srep34066>
- Yuan, G., Z. Tian, T. Li, Z. Qian, W. Guo, and G. Shen. 2021. Cross-resistance pattern to ACCase-inhibiting herbicides in a rare Trp-2027-Ser mutation chinese sprangletop (*Leptochloa chinensis*) population. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 81(1): 62-69. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392021000100062>
- Zarwazi, L., A. Muhammad, dan G. Dwi. 2016. Potensi gangguan gulma pada tiga sistem budidaya padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44 (2): 147. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i2.13481>.
- Zhang, Z., T. Gu, B. Zhao, X. Yang, Q. Peng, Y. Li, and L. Bai. 2017. Effects of common *Echinochloa* varieties on grain yield and grain quality of rice. *Field Crops Research*, 203 (March): 163-72. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.12.003>.