

EKOLOGI, KERUGIAN, DAN PENGELOLAAN GULMA JAJAGOAN (*Echinochloa crus-galli*) RESISTEN HERBISIDA PADA PERTANAMAN PADI SAWAH: REVIEW

Koko Tampubolon*

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian dan Peternakan, Universitas Tjut Nyak Dhien, Medan 20123, Sumatera Utara, Indonesia. Email: koko.tampubolon@gmail.com

Alridiwersah

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan 20238, Sumatera Utara, Indonesia.

Novilda Elizabeth Mustamu

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Labuhanbatu, Rantauprapat 21418, Sumatera Utara, Indonesia.

Abstrak

Gulma jajagoan (*Echinochloa crus-galli*) dapat menyebabkan penurunan produksi padi sawah dan sudah dilaporkan resisten terhadap beberapa herbisida. Tujuan review artikel ini sebagai informasi awal yang dapat dijadikan alternatif pengendalian gulma jajagoan (*E. crus-galli*) yang sudah mengalami resisten herbisida pada areal pertanian padi sawah. Hasil review menginformasikan bahwa gulma *E. crus-galli* tergolong toleran pada berbagai kondisi iklim, memiliki jumlah biji yang melimpah mengakibatkan populasinya selalu hadir di areal persawahan dan menimbulkan kerugian produksi padi sawah jika tidak dikendalikan, bahkan gulma ini sudah resisten terhadap beberapa herbisida. Upaya pengelolaan gulma *E. crus-galli* resisten-herbisida menyarankan menggunakan *mode of action* herbisida baik secara tunggal atau campuran sebagai manajemen resisten dan diharapkan dapat memutus siklus resisten di areal persawahan.

Kata Kunci: gulma jajagoan, *mode of action* herbisida, pengendalian, resisten

PENDAHULUAN

Produksi beras di Indonesia mencapai 49,81 juta ton dengan konsumsi 111,58 kg/kapita/tahun (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2019). Kebutuhan beras ini dikhawatirkan kurang mampu mencukupi seiring dengan peningkatan jumlah penduduk di Indonesia. Hal ini disebabkan menurunnya produksi padi sawah dikarenakan kurangnya pengelolaan gulma yang tepat, salah satunya gulma penting yaitu jajagoan.

Gulma jajagoan (*Echinochloa crus-galli* L.) merupakan gulma yang sangat kompetitif dengan pertanian padi sawah dikarenakan produksi biji yang banyak, pertumbuhan yang cepat dan memiliki jalur fotosintesis C4 (Marambe & Amarasinghe, 2002). Kerugian yang ditimbulkan jika gulma ini tidak dikendalikan dapat menurunkan produksi padi sawah sekitar 30% (Marchesi & Chauhan, 2019); menurunkan bobot gabah isi padi sebesar 46,20% (Guntoro et al., 2009), dan menurunkan produksi padi berkisar 57-95% (Ahn & Chung, 2000). Upaya pengendalian gulma ini yang sering dilakukan petani padi sawah adalah penyemprotan herbisida sintesis (kimia), seperti herbisida 2,4-D dimetil amina. Namun penggunaan herbisida sintesis ini secara berkelanjutan dan terus menerus akan menimbulkan permasalahan baru yaitu kekebalan (resisten) gulma terhadap herbisida (Purba, 2009). Telah dilaporkan bahwa gulma *E. crus-galli* dari pertanian padi sawah telah resisten herbisida fenoxaprop-p-etil, imazamox, imazethapyr, propanil, quinclorac di Mississippi (Heap, 2015); resisten herbisida molinate, thiobencarb, fenoxaprop-etil,

natrium bispiribak (Fischer et al., 2000). resistensi ganda terhadap herbisida quinclorac, penoxsulam, cyhalofop-butyl (Eberhardt et al., 2016); resisten-imidazolinon (Matzenbacher et al., 2013) dan resisten-quinclorac di Cina (Li et al., 2016; Yang et al., 2017; Zhu et al., 2018).

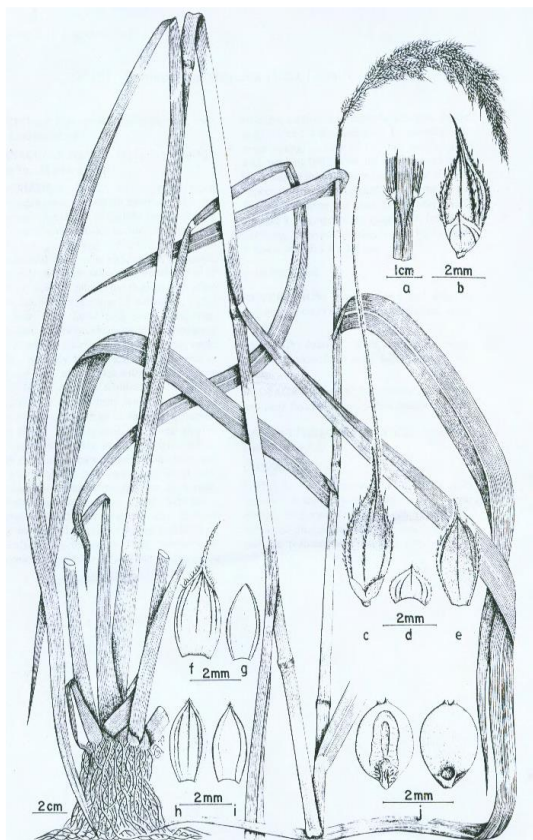
Berdasarkan kasus resistensi diatas, dibutuhkan referensi yang lengkap untuk mengkaji ekologi gulma jajagoan (*E. crus-galli*), seberapa besar kerugian yang ditimbulkannya, laporan kasus resistensi gulma ini, serta pengelolaan resisten yang tepat untuk dilakukan di areal pertanian padi sawah. Tujuan review artikel ini sebagai informasi awal yang dapat dijadikan alternatif pengendalian gulma jajagoan (*E. crus-galli*) yang sudah mengalami resisten herbisida pada areal pertanian padi sawah.

HASIL REVIEW

Ekologi Gulma Jajagoan

Gulma jajagoan (*E. crus-galli*) berasal dari Eropa dan telah menyebar di seluruh dunia termasuk Asia, Australia, dan Amerika (Carey et al., 1995; Van Devender et al., 1997; Gealy et al., 2003). Gulma ini memiliki kemampuan kompetitif dan karakteristik adaptif untuk bertahan hidup pada berbagai kondisi iklim dan geografis (Marambe & Amarasinghe, 2002). Gulma ini termasuk gulma berhari pendek, musiman, dan gulma tropis (Chin, 2001; Rao et al., 2007; Juliano et al., 2010) dan dapat menyesuaikan dengan suhu dan kelembaban yang beragam dalam menyelesaikan siklus hidup (Maun & Barrett, 1986; Gallandt, 2006). Benih *E. crus-galli* dapat berkecambah pada berbagai suhu dari 13-40°C, dan

terdapat hubungan linier antara suhu dan perkecambahan (Alvarado & Bradford, 2002). Karakter morfologis, fisiologis, dan biokimiawi gulma ini menjadikan pesaing kuat pada areal tanaman padi sawah maupun tanaman lainnya (Maun & Barrett, 1986; Clay et al., 2005). Gulma *E. crus-galli* dapat menghasilkan biji dalam jumlah banyak dan memiliki tingkat dormansi biji yang meningkatkan *seedbank* didalam tanah (Gibson et al., 2002; Clay et al., 2005). Karakteristik gulma *E. crus-galli* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Gulma *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. Sumber: Soerjani et al., (1987).

Kerugian Tanaman Padi Sawah Akibat Gulma Jajagoan

Kerapatan 10 populasi gulma *E. crus-galli* per m² dapat menghasilkan 34.600 biji (Travlos et al., 2011). Rataan suhu berkisar dari 28-30°C menjadikan *E. crus-galli* mampu mengakumulasi bobot kering lebih banyak dibandingkan tanaman padi sawah. Keberadaan satu populasi *E. crus-galli* pada jarak 40 cm dari tanaman padi dapat mengurangi hasil panen sebesar 27%. Infestasi *E. crus-galli* yang lebih tinggi dapat menyerap ketersediaan nitrogen sebesar 60-80% dan menghambat pertumbuhan tanaman (Wilson et al., 2014). Gulma *E. crus-galli* telah dilaporkan dapat menurunkan produksi padi sebesar 30-100% secara global sepanjang musim tanam padi (Singh et al., 2015; Bhullar et al., 2016; Marchesi et al., 2019). Gulma *E. crus-galli* dapat menyebabkan penurunan hasil gabah padi mencapai 61% (Saito et al., 2010) dan dapat menurunkan jumlah daun, jumlah anakan produktif, bobot kering akar, panjang daun, luas daun bendera, dan produksi tanaman padi sawah (Guntoro et al., 2009).

Resistensi Gulma Jajagoan terhadap Herbisida

Gulma *E. crus-galli* jika tidak dikendalikan maka akan mengganggu pertumbuhan dan menurunkan produksi tanaman padi sawah. Dengan demikian diperlukan upaya pengendalian gulma yang tepat sasaran. Saat ini pengendalian gulma *E. crus-galli* yang digunakan petani lahan sawah masih dominan menggunakan herbisida kimiawi. Disisi lain penggunaan herbisida sintesis dapat menguntungkan petani dengan menghemat tenaga kerja dan biaya, namun disisi lain menimbulkan permasalahan baru yaitu terbentuknya biotip resisten yang susah untuk dikendalikan. Purba, (2009) menyatakan bahwa penggunaan herbisida dalam mengendalikan gulma dengan *mode of action* yang sejenis secara berulang-ulang pada periode waktu yang lama mengakibatkan resistensi.

Kasus *E. crus-galli* resisten herbisida pada pertanaman padi sawah pertama kali dilaporkan di Yunani oleh Giannopolitis & Vassiliou, (1989) dan sudah berkembang ke beberapa negara di dunia (Tabel 1).

Tabel 1. Kasus *E. crus-galli* resisten beberapa herbisida pada pertanaman padi sawah di dunia dari tahun 1989-2019.

Tahun	Negara	Herbisida	Referensi
1989	Yunani	Propanil	Giannopolitis & Vassiliou, 1989
1994	Pennsylvania	Propanil	Baltazar & Smith, 1994
1995	Arkansas	Propanil	Carey et al., 1995
1997	Spanyol	Atrazine, Quinclorac	Lopez-Martinez et al., 1997
2000	Polandia	Triazine	Gadamski et al., 2000
2002	Sri Lanka	Propanil	Marambe & Amarasinghe, 2002
2007	Brazil	Quinclorac	Valverde, 2007
2009	Korea Selatan	Cyhalofop-butyl	Im et al., 2009
2010	Philipina	Butachlor, propanil	Juliano et al., 2010
2010	Amerika Serikat	Propanil, quinclorac	Malik et al., 2010
2010	Malaysia	Propanil, quinclorac, cyhalofop-butyl	Rahman et al., 2010
2011	Amerika Serikat	Clomazone	Bagavathiannan et al., 2011
2012	Brazil	Quinclorac	Mortensen et al., 2012
2012	Arkansas	Bispyribac-sodium	Norsworthy et al., 2012
2013	Amerika Serikat	Imazamox, imazethapyr, penoxsulam, bispyribac-sodium	Riar et al., 2013
2013	Brazil	Imazethapyr, imazethapyr + imazapic	Matzenbacher et al., 2013

2014	Amerika Serikat	Imazethapyr, penoxsulam, bispyribac-sodium, propanil, quinclorac	Norsworthy et al., 2014
2014	Cina	Fenoxaprop, bensulfuron, butachlor, thiobencarb, molinate, quinclorac	Heap, 2015
2015	Jepang	Cyhalofop-butyl	Iwakami et al., 2015
2016	Cina	Penoxsulam	Chen et al., 2016
2017	Vietnam	Quinclorac	Le et al., 2017
2018	Brazil	Imazapyr + imazapic	Bonow et al., 2018
2019	Cina	Quinclorac	Qiong et al., 2019
2019	Uruguay	Penoxsulam, imazapyr + imazapic, quinclorac, propanil, quinclorac + propanil	Marchesi & Saldain, 2019

Pengelolaan Gulma Jajagoan Resisten-Herbisida

Pengelolaan gulma biotip resisten-herbisida dapat menggunakan rotasi mode of action herbisida baik secara tunggal maupun campuran (Monaco et al., 2002). Knezevic et al., (2017) menyatakan bahwa gulma resisten herbisida yaitu mampu berkembang untuk survive setelah dikendalikan menggunakan herbisida. Penggunaan herbisida yang sama secara intensif dan berkelanjutan selama beberapa dekade terakhir akan menghasilkan evolusi gulma resisten herbisida. Chauhan & Abugho, (2012) melaporkan bahwa herbisida campuran (penoxsulam+cyhalofop, fenoxaprop+ethoxysulfuron) dan herbisida tunggal (bispyribac-sodium) dapat menekan *E. crus-galli* lebih dari 90%. Jabran et al., (2012) melaporkan herbisida tunggal (pendimethalin dosis 825 g b.a/ha, bispyribac-sodium 25 g b.a/ha, dan penoxsulam 15 g b.a/ha) efektif dalam menekan *E. crus-galli* masing-masing sebesar 69-75%, 100%, dan 53-65% di areal padi sawah. Ntanos et al., (2000) melaporkan bahwa penggunaan herbisida tunggal cyhalofop-butyl efektif mengendalikan *E. crus-galli* >90% pada areal padi sawah. Aparna et al., (2017) melaporkan bahwa herbisida bispyribac sodium sangat efektif mengendalikan *E. crus-galli* pada saat berdaun delapan. Cyhalofop butyl dan fenoxaprop-p-ethyl efektif menekan *E. crus-galli* pada saat berdaun empat dalam mengurangi persentase kelangsungan hidup.

KESIMPULAN

Karakteristik gulma *E. crus-galli* tergolong toleran pada berbagai kondisi iklim, memiliki jumlah biji yang melimpah mengakibatkan populasinya selalu hadir di areal persawahan dan menimbulkan kerugian produksi padi sawah jika tidak dikendalikan, bahkan gulma ini sudah resisten terhadap beberapa mode of action herbisida. Upaya pengelolaan gulma *E. crus-galli* resisten-herbisida menyarankan menggunakan rotasi mode of action herbisida baik secara tunggal atau campuran sebagai manajemen resisten dan diharapkan dapat memutus siklus resisten di areal persawahan.

DAFTAR PUSTAKA

Ahn, J. K., & Chung, I. M. 2000. Allelopathic potential of rice hulls on germination and seedling growth of barnyardgrass. *Agronomy Journal*, 92(6), 1162-1167. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.9261162x>.

- Alvarado, V., & Bradford, K. J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. *Plant, Cell and Environment*, 25(8), 1061-1069. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2002.00894.x>.
- Aparna, K. K., Menon, M. V., & Prameela, P. 2017. Efficacy of pre and post emergence herbicides on *Echinochloa spp.* *Journal of Tropical Agriculture*, 55(1), 91-95. <http://jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/505>.
- Bagavathiannan, M. V., Norsworthy, J. K., Jha, P., & Smith, K. 2011. Does resistance to propanil or clomazone alter the growth and competitive abilities of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*)?. *Weed science*, 59(3), 353-358. <https://doi.org/10.1614/WS-D-10-00151.1>.
- Baltazar, A. M., & Smith Jr, R. J. 1994. Propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in rice (*Oryza sativa*). *Weed Technology*, 8(3), 576-581. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00039713>.
- Bhullar, M. S., Kumar, S., Kaur, S., Kaur, T., Singh, J., Yadav, R., Chauhan, B. S., & Gill, G. 2016. Management of complex weed flora in dry-seeded rice. *Crop Protection*, 83, 20-26. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.01.012>.
- Bonow, J. F. L., Lamego, F. P., Andres, A., & Nogueira, E. 2018. Fitness of *Echinochloa crus-galli* var. mitis biotypes susceptible and resistant to imazapyr+imazapic herbicide. *Comunicata Scientiae*, 9(4), 737-747. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6794630>.
- Carey, V. F., Hoagland, R. E., & Talbert, R. E. 1995. Verification and distribution of propanil-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas. *Weed Technology*, 9(2), 366-372. <https://doi.org/10.1017/S0890037X00023496>.
- Chauhan, B. S., & Abugho, S. B. 2012. Effect of growth stage on the efficacy of postemergence herbicides on four weed species of direct-seeded rice. *The Scientific World Journal*, 2012, 1-8. <https://doi.org/10.1100/2012/123071>.
- Chen, G., Wang, Q., Yao, Z., Zhu, L., & Dong, L. 2016. Penoxsulam-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in rice fields in China. *Weed Biology and Management*, 16(1), 16-23. <https://doi.org/10.1111/wbm.12086>.

- Chin, D. V. 2001. Biology and management of barnyardgrass, red sprangletop and weedy rice. *Weed Biology and Management*, 1(1), 37-41. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2001.00009.x>.
- Clay, S. A., Kleinjan, J., Clay, D. E., Forcella, F., & Batchelor, W. 2005. Growth and fecundity of several weed species in corn and soybean. *Agronomy Journal*, 97(1), 294-302. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0294a>.
- Eberhardt, D. S., Oliveira Neto, A. M., Noldin, J. A., & Vanti, R. M. 2016. Barnyardgrass with multiple resistance to synthetic auxin, ALS and ACCase inhibitors. *Planta Daninha*, 34(4), 823-832. <https://doi.org/10.1590/s0100-83582016340400023>.
- Fischer, A. J., Ateh, C. M., Bayer, D. E., & Hill, J. E. 2000. Herbicide-resistant *Echinochloa oryzoides* and *E. phyllopogon* in California *Oryza sativa* fields. *Weed Science*, 48(2), 225-230. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0225:HREOAE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0225:HREOAE]2.0.CO;2).
- Gadamski, G., Ciarka, D., Gressel, J., & Gawronski, S. W. 2000. Negative cross-resistance in triazine-resistant biotypes of *Echinochloa crus-galli* and *Conyza canadensis*. *Weed Science*, 48(2), 176-180. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2000\)048\[0176:NCRITR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2000)048[0176:NCRITR]2.0.CO;2).
- Gallandt, E. R. 2006. How can we target the weed seedbank?. *Weed Science*, 54(3), 588-596. <https://doi.org/10.1614/WS-05-063R.1>.
- Gealy, D. R., Wailes, E. J., Estorninos, L. E., & Chavez, R. S. C. 2003. Rice cultivar differences in suppression of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and economics of reduced propanil rates. *Weed Science*, 51(4), 601-609. [https://doi.org/10.1614/0043-1745\(2003\)051\[0601:RCDISO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0043-1745(2003)051[0601:RCDISO]2.0.CO;2).
- Giannopolitis, C. N., & Vassiliou, G. 1989. Propanil tolerance in *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *International Journal of Pest Management*, 35(1), 6-7. <https://doi.org/10.1080/09670878909371310>.
- Gibson, K. D., Fischer, A. J., Foin, T. C., & Hill, J. E. 2002. Implications of delayed *Echinochloa spp.* germination and duration of competition for integrated weed management in water-seeded rice. *Weed Research*, 42(5), 351-358. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3180.2002.00295.x>.
- Guntoro, D., Chozin, M. A., Santosa, E., Tjitrosemito, S., & Burhan, A. H. 2009. Kompetisi antara ekotipe *Echinochloa crus-galli* pada beberapa tingkat populasi dengan padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 37(3), 202-208. <https://doi.org/10.24831/jai.v37i3.1236>.
- Heap I. M. 2015. International survey of herbicide resistant weeds. www.weedscience.org.
- Im, S. H., Park, M. W., Yook, M. J., & Kim, D. S. 2009. Resistance to ACCase inhibitor cyhalofop-butyl in *Echinochloa crus-galli* var. *crus-galli* collected in Seosan, Korea. *The Korean Journal of Weed Science*, 29(2), 178-184. <http://koreascience.or.kr/article/JAKO200910103426033.page>.
- Iwakami, S., Hashimoto, M., Matsushima, K. I., Watanabe, H., Hamamura, K., & Uchino, A. 2015. Multiple-herbicide resistance in *Echinochloa crus-galli* var. *formosensis*, an allohexaploid weed species, in dry-seeded rice. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 119, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2015.02.007>.
- Jabran, K., Farooq, M., Hussain, M., Khan, M. B., Shahid, M., & Dong-Jin, L. 2012. Efficient weeds control with penoxsulam application ensures higher productivity and economic returns of direct seeded rice. *International Journal of Agriculture and Biology*, 14(6), 901-907.
- Juliano, L. M., Casimero, M. C., & Llewellyn, R. 2010. Multiple herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in direct-seeded rice in the Philippines. *International Journal of Pest Management*, 56(4), 299-307. <https://doi.org/10.1080/09670874.2010.495795>.
- Knezevic, S. Z., Jhala, A., & Gaines, T. 2017. Herbicide resistance and molecular aspects. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences 2nd Edition*, 3, 455-458.
- Le, D., Nguyen, C. M., Mann, R. K., Yerkes, C. N., & Kumar, B. V. N. 2017. Genetic diversity and herbicide resistance of 15 *Echinochloa crus-galli* populations to quinclorac in Mekong Delta of Vietnam and Arkansas of United States. *Journal of Plant Biotechnology*, 44(4), 472-477. <https://doi.org/10.5010/JPB.2017.44.4.472>.
- Li, G., Xu, M. F., Chen, L. P., Cai, L. M., Bai, L. Y., & Wu, C. X. 2016. A novel EcGH3 gene with a different expression pattern in quinclorac-resistant and susceptible barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Plant Gene*, 5, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.plgene.2015.12.002>.
- Lopez-Martinez, N., Marshall, G., & De Prado, R. 1997. Resistance of barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) to atrazine and quinclorac. *Pesticide Science*, 51(2), 171-175. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9063\(199710\)51:2%3C171::AID-PS612%3E3.0.CO;2-7](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9063(199710)51:2%3C171::AID-PS612%3E3.0.CO;2-7).
- Malik, M. S., Burgos, N. R., & Talbert, R. E. 2010. Confirmation and control of propanil-resistant and quinclorac-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in rice. *Weed Technology*, 24(3), 226-233. <https://doi.org/10.1614/WT-09-053.1>.
- Marambe, B., & Amarasinghe, L. 2002. Propanil-resistant barnyardgrass [*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.] in Sri Lanka: Seedling growth under different temperatures and control. *Weed Biology and Management*, 2(4), 194-199. <https://doi.org/10.1046/j.1445-6664.2002.00068.x>.
- Marchesi, C., & Chauhan, B. S. 2019. The efficacy of chemical options to control *Echinochloa crus-galli* in dry-seeded rice under alternative irrigation management and field layout. *Crop Protection*, 118, 72-78. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.12.016>.
- Marchesi, C., & Saldain, N. E. 2019. First report of herbicide-resistant *Echinochloa crus-galli* in Uruguayan rice fields. *Agronomy*, 9(12), 790-808. <https://doi.org/10.3390/agronomy9120790>.

- Matzenbacher, F. D. O., Kalsing, A., Menezes, V. G., Barcelos, J. A. N., & Merotto Junior, A. 2013. Rapid diagnosis of resistance to imidazolinone herbicides in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) and control of resistant biotypes with alternative herbicides. *Planta Daninha*, 31(3), 645-656. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000300016>.
- Maun, M. A., & Barrett, S. C. H. 1986. The biology of canadian weeds.: 77. *Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv. *Canadian Journal of Plant Science*, 66(3), 739-759. <https://doi.org/10.4141/cjps86-093>.
- Monaco, T. J., Weller, S. C., & Ashton, F. M. 2002. *Weed science: principles and practices*. John Wiley & Sons.
- Mortensen, D. A., Egan, J. F., Maxwell, B. D., Ryan, M. R., & Smith, R. G. 2012. Navigating a critical juncture for sustainable weed management. *BioScience*, 62(1), 75-84. <https://doi.org/10.1525/bio.2012.62.1.12>.
- Norsworthy, J. K., Ward, S. M., Shaw, D. R., Llewellyn, R. S., Nichols, R. L., Webster, T. M., & Witt, W. W. 2012. Reducing the risks of herbicide resistance: best management practices and recommendations. *Weed Science*, 60(SP1), 31-62. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00155.1>.
- Norsworthy, J. K., Wilson, M. J., Scott, R. C., & Gbur, E. E. 2014. Herbicidal activity on acetolactate synthase-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in Arkansas, USA. *Weed Biology and Management*, 14(1), 50-58. <https://doi.org/10.1111/wbm.12032>.
- Ntanos, D. A., Koutroubas, S. D., & Mavrotas, C. 2000. Barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) control in water-seeded rice (*Oryza sativa*) with cyhalofop-butyl 1. *Weed Technology*, 14(2), 383-388. [https://doi.org/10.1614/0890-037X\(2000\)014\[0383:BECGCI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1614/0890-037X(2000)014[0383:BECGCI]2.0.CO;2).
- Purba, E. 2009. Keanekaragaman herbisida dalam pengendalian gulma mengatasi populasi gulma resisten dan toleran herbisida. Universitas Sumatera Utara
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2019. Buletin konsumsi pangan tahun 2019. Kementerian Pertanian, Jakarta. 107 p.
- Qiong, P., Heping, H., Xia, Y., Lianyang, B., Qin, Y., & Powles, S. B. 2019. Quinclorac Resistance in *Echinochloa crus-galli* from China. *Rice Science*, 26(5), 300-308. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2019.08.004>.
- Rahman, M. M., Sahid, I. B., & Juraimi, A. S. 2010. Study on resistant biotypes of *Echinochloa crus-galli* in Malaysia. *Australian Journal of Crop Science*, 4(2), 107-115. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/informit.982579140697154>.
- Rao, A. N., Johnson, D. E., Sivaprasad, B., Ladha, J. K., & Mortimer, A. M. 2007. Weed management in direct-seeded rice. *Advances in Agronomy*, 93, 153-255. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)93004-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)93004-1).
- Riar, D. S., Norsworthy, J. K., Srivastava, V., Nandula, V., Bond, J. A., & Scott, R. C. 2013. Physiological and molecular basis of acetolactate synthase-inhibiting herbicide resistance in barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(2), 278-289. <https://doi.org/10.1021/jf304675j>.
- Saito, K., Azoma, K., & Rodenburg, J. (2010). Plant characteristics associated with weed competitiveness of rice under upland and lowland conditions in West Africa. *Field Crops Research*, 116(3), 308-317. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2010.01.008>.
- Singh, M., Bhullar, M. S., & Chauhan, B. S. 2015. Influence of tillage, cover cropping, and herbicides on weeds and productivity of dry direct-seeded rice. *Soil and Tillage Research*, 147, 39-49. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.11.007>.
- Soerjani, M., Kostermans, A. J. G., & Tjitrosoepomo, G. 1987. *Weeds of rice in Indonesia*. Balai Pustaka.
- Travlos, I. S., Economou, G., & Kanatas, P. J. 2011. Corn and barnyardgrass competition as influenced by relative time of weed emergence and corn hybrid. *Agronomy Journal*, 103(1), 1-6. <https://doi.org/10.2134/agronj2010.0245>.
- Valverde, B. E. 2007. Status and management of grass-weed herbicide resistance in Latin America. *Weed Technology*, 21(2), 310-323. <https://doi.org/10.1614/WT-06-097.1>.
- Van Devender, T. R., Felger, R. S., & Búrquez, A. 1997. Exotic plants in the Sonoran Desert region, Arizona and Sonora. In *Proceedings of the California Exotic Pest Plant Council Symposium*. California.
- Wilson, M. J., Norsworthy, J. K., Scott, R. C., & Gbur, E. E. 2014. Program approaches to control herbicide-resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli*) in midsouthern United States rice. *Weed Technology*, 28(1), 39-46. <https://doi.org/10.1614/WT-D-13-00062.1>.
- Yang, X., Zhang, Z., Gu, T., Dong, M., Peng, Q., Bai, L., & Li, Y. 2017. Quantitative proteomics reveals ecological fitness cost of multi-herbicide resistant barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.). *Journal of Proteomics*, 150, 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2016.09.009>.
- Zhu, J., Wang, J., DiTommaso, A., Zhang, C., Zheng, G., Liang, W., Islam, F., Yang, C., Chen, X., & Zhou, W. 2018. Weed research status, challenges, and opportunities in China. *Crop Protection*, 134, 104449. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.001>.